

# Evaluación de un conjunto de unidades de toma de decisiones brasileñas mediante Análisis Envolvente de Datos

## Evaluation of a set of brazilian decision-making units using Data Envelopment Analysis

Pedro Vieira Souza Santos<sup>1</sup>, Lucas di Paula Gama dos Santos<sup>2</sup>, Letícia de Souza Lima<sup>3</sup>







*Fecha de recepción: 29 de junio, 2025*

*Fecha de aprobación: 10 de octubre, 2025*

Vieira Souza Santos, P; di Paula Gama dos Santos, L; de Souza Lima, L. Evaluación de un conjunto de unidades de toma de decisiones brasileñas mediante Análisis Envolvente de Datos. *Tecnología en Marcha*. Vol. 39 N° 2. Abril-Junio, 2026. Pág. 74-84.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v39i2.8008>



- 1 Universidade Federal do Vale do São Francisco. Brazil.  
 [pedrovieirass@hotmail.com](mailto:pedrovieirass@hotmail.com)  
 <https://orcid.org/0000-0001-9802-506X>
- 2 Universidade Federal do Vale do São Francisco. Brazil.  
 [dipaula\\_9@hotmail.com](mailto:dipaula_9@hotmail.com)  
 <https://orcid.org/0000-0002-4985-9508>
- 3 Universidade Federal do Vale do São Francisco. Brazil.  
 [leticiasouzaestagio@gmail.com](mailto:leticiasouzaestagio@gmail.com)  
 <https://orcid.org/0009-0007-1019-555X>

## Palabras clave

Eficiencia; logística; operaciones; gestión.

## Resumen

La logística abarca una amplia gama de operaciones importantes para la transferencia de bienes, servicios e información. Debido a esta complejidad inherente al sector, se estudian y proponen técnicas y métodos para contribuir a la mejora continua y al desarrollo de nuevos entornos para operaciones eficientes y productivas. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar y comparar la eficiencia operativa de las empresas logísticas que operan en el centro de yeso de Araripe, ubicado en el noreste de Brasil, mediante el Análisis Envolvente de Datos. Considerando los datos asociados a los indicadores de desempeño del BSC recopilados para el análisis, se optó por utilizar el modelo BCC (propuesto por Banker et al., 1984) orientado a la entrada. Con base en los datos introducidos en el software y considerando el modelo BCC-entrada, se creó la frontera de eficiencia para la visualización gráfica y el análisis del desempeño de las empresas de la muestra. Se obtuvieron datos sobre la eficiencia clásica, la eficiencia invertida, así como la eficiencia compuesta y la normalizada. En el caso de los insumos y productos considerados, la DEA puede contribuir a la gestión desde un nuevo enfoque a través de la formulación de políticas de eficiencia y el aprendizaje de las mejores prácticas.

## Keywords

Efficiency; logistics; operations; management.

## Abstract

Logistics encompasses a wide range of operations important for the transfer of goods, services, and information. Due to this inherent complexity of the sector, techniques and methods are studied and proposed to contribute to continuous improvement and the development of new environments for efficient and productive operations. Therefore, the objective of this study was to analyze and compare the operational efficiency of logistics companies operating in the Araripe gypsum center, located in northeastern Brazil, using Data Envelopment Analysis. Considering the data associated with the BSC performance indicators collected for the analysis, the BCC model (proposed by Banker et al., 1984) was chosen, which is input-oriented. Based on the data entered into the software and considering the BCC-input model, the efficiency frontier was created for graphical visualization and analysis of the performance of the sample companies. Data were obtained on classical efficiency, inverted efficiency, as well as compound and normalized efficiency. In the case of the inputs and outputs considered, the DEA can contribute to management from a new perspective through the formulation of efficiency policies and learning from best practices.

## Introducción

Una de las ramas altamente dinámicas y, en consecuencia, que requiere estrategias operativas es la logística. La expresión logística se utiliza de forma más amplia para referirse a los procesos de coordinación y movimiento de recursos (personas, materiales, inventario y equipos en general) desde un lugar hasta el destino de almacenamiento deseado [1][2]. En este contexto, un área de la logística en la que se hace énfasis es la distribución, es decir, el sector que realiza la actividad de gestionar el flujo de tareas que permite la entrega de mercancías a los respectivos clientes dentro del plazo determinado [3][4].

La logística, como actividad operativa y estratégica, evoluciona constantemente y exige acciones efectivas para gestionar el flujo de productos o servicios, desde el punto de origen hasta el punto de consumo [5]. La logística abarca una amplia gama de operaciones importantes para la transferencia de bienes, servicios e información. Debido a esta complejidad inherente al sector, se estudian y proponen técnicas y métodos para contribuir a la mejora continua y al desarrollo de nuevos entornos para operaciones eficientes y productivas [6][7].

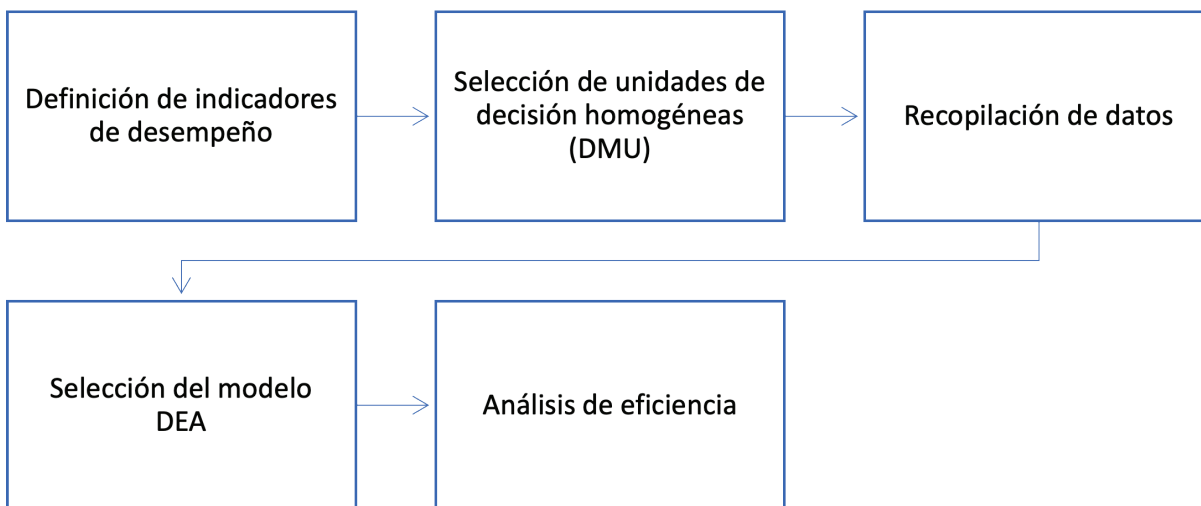
En la región de Araripe, ubicada en el estado de Pernambuco, noreste de Brasil, uno de los principales productores de yeso del país, uno de los obstáculos que enfrentan las empresas locales está relacionado con la ineficiencia del sistema de transporte y los costos de flete, además de las dificultades en la gestión de las operaciones logísticas [8]. Dado que el segmento logístico opera con operaciones estandarizadas, el proceso es susceptible de evaluación de desempeño basada en la eficiencia [9][10].

Para esto, se pueden utilizar algunas metodologías, una de las cuales es el Análisis Envolvente de Datos (DEA). El método DEA se caracteriza por ser no paramétrico y su objetivo es medir la eficiencia relativa de un conjunto de instituciones empresariales, denominadas toma de decisiones homogéneas (DMU - *Decision-Making Units*), con variables de entrada y salida [11].

El método DEA permite enfocar el análisis en la entrada o la salida. En otras palabras: Orientado a la entrada: cuando el objetivo es definir el nivel mínimo posible de uso de recursos, manteniendo los mismos resultados; Orientado a la salida: cuando el objetivo es estimar el nivel máximo posible de salida, manteniendo los niveles de entrada fijos [12]. Dicho esto, se trata de un enfoque no paramétrico, capaz de definir una frontera de eficiencia y medir la eficiencia real de cada unidad de medida de la densidad (DMU) en relación con el conjunto muestral y esta frontera. Es una herramienta útil para identificar posibles mejores prácticas de gestión, así como para indicar que empresas deberían mejorar sus procesos internos [13]. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar y comparar la eficiencia operativa de las empresas logísticas que operan en el centro de yeso de Araripe, ubicado en el noreste de Brasil, mediante el Análisis Envolvente de Datos.

### Materiales y métodos (metodología)

La investigación se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos (Figura 1):



**Figura 1.** Etapas de la investigación.

- Definición de indicadores de desempeño relevantes para el escenario de las operaciones logísticas: en esta fase inicial, se definieron métricas para los procesos internos relevantes para evaluar la eficiencia en las empresas de logística mediante el método del *Balanced Scorecard* (BSC). La elección de los indicadores se basó en los estudios publicados en la literatura científica, destacándose la investigación de [16] y [17]. Se enumeraron doce (12) indicadores útiles para evaluar el desempeño en este tipo de operaciones. De estos, seis (6) son entradas y seis (6) son salidas;
- Selección de unidades de decisión homogéneas (DMU): para someterse al método DEA, las unidades operativas deben tener las mismas características operativas; es decir, la capacidad de producción, el producto y el proceso utilizados, por ejemplo, deben ser similares. Por lo tanto, mediante un cuestionario sobre los datos operativos de las organizaciones, se pudo identificar a las empresas que cumplen con el requisito. De las 34 empresas contactadas, trece (13) se ajustan al perfil homogéneo y, por lo tanto, conforman la muestra seleccionada para este análisis;
- Recopilación de datos: los datos numéricos inherentes a las doce variables de entrada y salida se obtuvieron conjuntamente mediante un formulario electrónico enviado a las empresas por correo electrónico. Los valores se refieren al promedio del segundo semestre de 2024;
- Selección del modelo DEA: considerando los datos asociados a los indicadores de desempeño del BSC recopilados para el análisis, se optó por utilizar el modelo BCC [14] orientado a la entrada;
- Análisis de eficiencia: con base en los datos introducidos en el software y considerando el modelo BCC-entrada, se creó la frontera de eficiencia para la visualización gráfica y el análisis del desempeño de las empresas de la muestra. Se obtuvieron datos sobre la eficiencia clásica, la eficiencia invertida, así como la eficiencia compuesta y la normalizada.

## Resultados

Las empresas objeto del estudio de eficiencia se ubican en la región de Araripe, en el estado de Pernambuco (PE), al noreste de Brasil. Estas organizaciones operan en el mercado de la logística de distribución entre 5 y 31 años, y todas siguen la premisa de homogeneidad propuesta por el método DEA. En el modelo BCC DEA con dirección de datos de entrada, se define un Problema de Programación Lineal (PPL), construido según la función objetivo indicada por 1, complementada con las ecuaciones 2 y 3.

$$\text{Min } (\omega) \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\omega x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \text{ com } \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \text{ com } \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

Aún se cumplen las condiciones expresadas por (4) e (5):

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \quad (4)$$

$$\lambda_k \geq 0 \forall k \quad (5)$$

En vista de este problema matemático, los elementos marcados con  $\lambda$  se definen como los porcentajes de representación entre las empresas de la muestra homogénea analizada (DMU) y sus grupos [15]. Es importante destacar que los valores de los componentes  $\lambda$  deben tener una suma igual a uno (1,0) y también deben ser distintos de cero, es decir, mayores o iguales a cero (0), como lo indican las restricciones 4 y 5.

Debe destacarse que los indicadores utilizados en esta investigación siguen la base teórica sobre el tema. En este sentido, se definieron como métricas relevantes para el caso:

- Entregas a tiempo;
- Daños;
- Atención de pedidos;
- Retornos y devoluciones;
- Tiempo de ciclo del pedido;
- Exactitud de la previsión;
- Obsolescencia del inventario;
- Costo de flete de recepción;
- Costo de movimiento;
- Costo del capital en inventario – productos terminados;
- Rotación de inventarios; y
- Factor de ocupación de la flota.

La elección de estos indicadores se fundamenta, además, en la posibilidad de una medición estandarizada entre todas las unidades de decisión, criterio base para atender el cálculo DEA. El modelo adoptado en esta evaluación, orientado al input, presenta algunas características favorables al escenario de las empresas analizadas.

Este enfoque se adecua a contextos en los que la reducción de recursos (insumos) constituye el objetivo principal, manteniendo el nivel de producción. En este caso, las entradas vinculadas a la directriz financiera del BSC, traducida en costos, representan el punto crucial de la evaluación y de la adecuación del modelo. Además, esta técnica permite identificar las unidades más eficientes, que servirán como referencia para aquellas que son ineficientes, indicando el nivel de reducción al que debe someterse cada insumo.

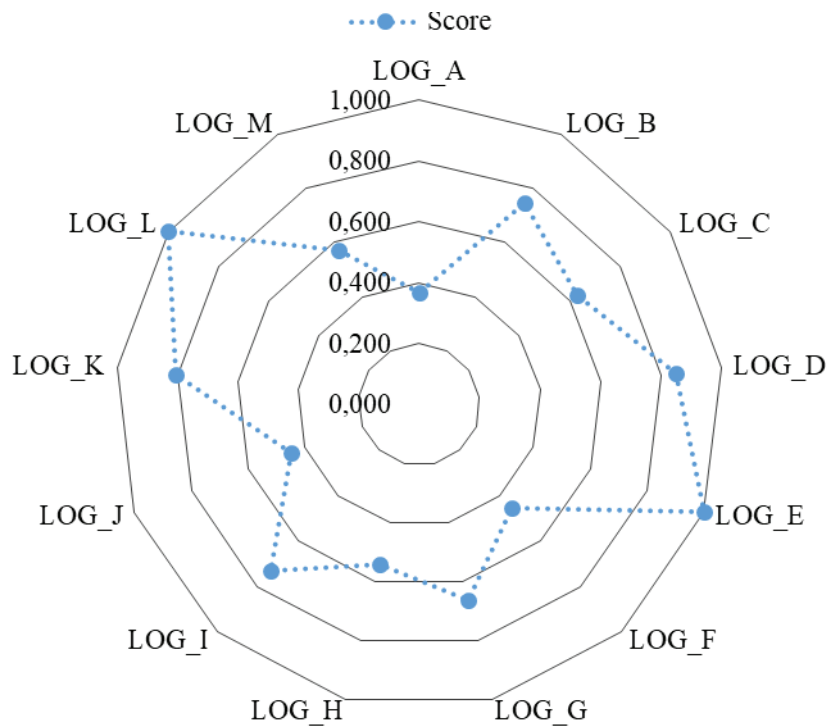
El modelo BCC se comporta como una forma de eficiencia derivada de la división del modelo CCR en dos componentes: eficiencia técnica y eficiencia de escala. La medida relacionada con la eficiencia técnica (derivada del BCC) identifica el uso adecuado de los recursos a la escala de operación de la DMU. Por otro lado, la eficiencia de escala es igual al cociente entre la eficiencia BCC y la eficiencia CCR, e indica una medida de la distancia de la DMU analizada respecto a una unidad ficticia que opera con el tamaño de escala más productivo [18].

Por lo tanto, con los datos sometidos al modelo matemático, el índice obtenido inicialmente fue la puntuación de eficiencia clásica ( $\omega$ ). Mediante los cálculos del modelo de entrada BCC, se observan los siguientes resultados de puntuación ( $\omega$ ), en orden alfabético, según el Cuadro 1:

**Cuadro 1.** Score ( $\omega$ ) de eficiencia generado por DMU.

DMU	Score ( $\omega$ )	Score ( $\omega$ ) en %
LOG_A	0,366	36,55
LOG_B	0,745	74,50
LOG_C	0,630	63,00
LOG_D	0,850	85,00
LOG_E	1,000	100,00
LOG_F	0,456	45,63
LOG_G	0,664	66,40
LOG_H	0,541	54,10
LOG_I	0,733	73,30
LOG_J	0,448	44,80
LOG_K	0,804	80,40
LOG_L	1,000	100,00
LOG_M	0,571	57,10

Las unidades de medida de eficiencia (DMU) LOG\_E y LOG\_L son las unidades de referencia, y una forma alternativa de visualizar este resultado es mediante la frontera circular de eficiencia, ilustrada en la Figura 2. En este gráfico, la línea exterior representa la eficiencia en su valor máximo (1,0), mientras que la línea central representa la eficiencia igual a cero (0). Se puede observar que la mayoría de las DMU se encuentran en el rango de 44 a 74 puntos porcentuales de la eficiencia clásica, o 0,44 y 0,74 respectivamente.



**Figura 2.** Frontera de eficiencia circular.

DMU LOG\_E está ubicada en Araripina, y opera en el sector logístico desde hace 7 años. Por otro lado, DMU LOG\_L, con sede en Trindade, desarrolla soluciones logísticas de distribución desde hace 9 años. Ambas empresas comparten la política de utilizar el número de vehículos de transporte (propios y subcontratados). En épocas de alta demanda, contratan empresas subcontratadas para el transporte del yeso a los puntos de consumo. Por lo tanto, los datos de entrada relativos a la capacidad de procesamiento (toneladas/mes) son similares, ya que el material procesado se distribuye mediante la estrategia de subcontratación de servicios.

Estos resultados corroboran la investigación publicada por [19], en la cual se identifican las DMU con menor índice de referencia, es decir, menor capacidad de benchmarking. No obstante, dichas ocurrencias sirven para proyectar las unidades ineficientes, sugiriendo valores óptimos para las variables, minimizando los insumos y maximizando los productos/servicios.

Sin embargo, para complementar la evaluación inicial de eficiencia, también se puede calcular la frontera de eficiencia invertida. Para ello, se invierten los datos de entrada y salida del modelo DEA original, lo que permite identificar las DMU con peores prácticas de gestión y las empresas con mejores prácticas en sentido contrario. El índice o puntuación de eficiencia invertida ( $\Omega$ ) calculado por DMU se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** – Scores de eficiencia invertida ( $\Omega$ ) para cada DMU.

DMU	Score ( $\Omega$ )	Score ( $\Omega$ ) en %
LOG_A	0,422	42,20
LOG_B	0,215	21,50
LOG_C	0,844	84,40
LOG_D	0,369	36,90
LOG_E	0,741	74,10
LOG_F	0,502	50,20
LOG_G	1,000	100,00
LOG_H	0,366	36,60
LOG_I	0,466	46,60
LOG_J	0,852	85,20
LOG_K	0,630	63,00
LOG_L	1,000	100,00
LOG_M	0,674	67,40

Con la modificación propuesta, que consiste en invertir los datos de entrada y salida, se observa un cambio en los indicadores de eficiencia con respecto al índice clásico ( $\omega$ ). Este comportamiento es previsible, ya que se trata de una evaluación con la inversión de los indicadores, pero resulta útil para realizar otro cálculo: el de la eficiencia compuesta ( $\delta$ ). Este tipo de eficiencia se establece mediante el promedio de la eficiencia clásica ( $\omega$ ) con la eficiencia invertida ( $\Omega$ ). Con esta información, al final de la evaluación, se indicarán las unidades de medida de eficiencia (DMU) consideradas eficientes.

Para calcular la eficiencia compuesta, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia compuesta } (\delta) = [\omega + (1 - \Omega)] / 2.$$

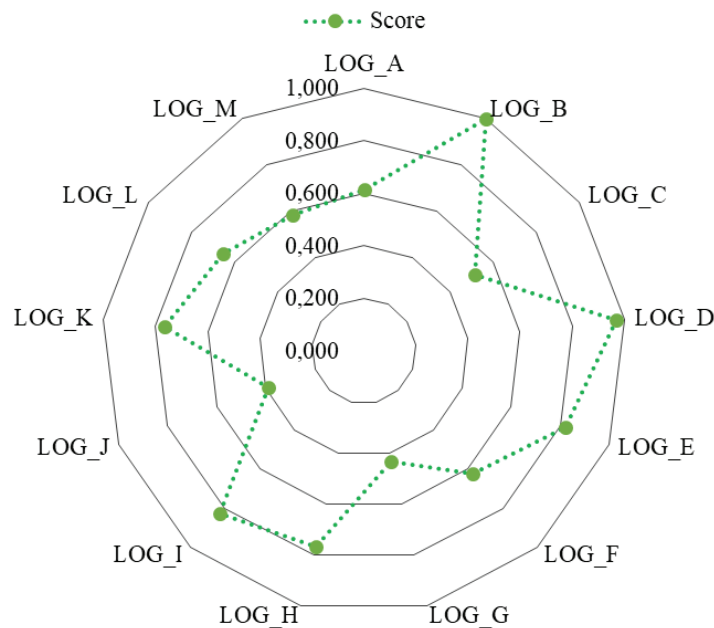
En este caso,  $\omega$  es el valor asociado a la eficiencia clásica y  $\Omega$  es el coeficiente obtenido para la eficiencia invertida. Sin embargo, además, la eficiencia compuesta ( $\delta$ ) debe normalizarse; para él, el valor de cada eficiencia compuesta debe dividirse entre el valor más alto calculado de la eficiencia compuesta del grupo o muestra. El resultado final del cálculo de la eficiencia compuesta se presenta en lo Cuadro 3, así como su valor normalizado.

Con los resultados obtenidos para los cuatro tipos de eficiencia, la DMU LOG\_B (1,00) puede identificarse como la empresa de referencia en relación con el conjunto de trece (13) DMU, en términos operativos. Desde otra perspectiva, se puede observar que la DMU LOG\_J fue la que obtuvo el valor más bajo en Eficiencia Compuesta Normalizada (0,390). La empresa opera en el mercado desde hace 31 años, con sede física en Ipubi-PE. Esta información contribuye al debate sobre la correlación entre el tiempo de operación en el mercado y los resultados eficientes de las operaciones.

**Cuadro 3.** Conjunto total de eficiencias calculadas para cada DMU.

DMU	Eficiencia Clásica ( $\omega$ )	Eficiencia Invertida ( $\Omega$ )	Eficiencia Compuesta ( $\delta$ )	Eficiencia Compuesta Normalizada (ECN)
LOG_A	0,366	0,422	0,472	0,617
LOG_B	0,745	0,215	0,765	1,000
LOG_C	0,630	0,844	0,393	0,514
LOG_D	0,850	0,369	0,741	0,968
LOG_E	1,000	0,741	0,630	0,823
LOG_F	0,456	0,502	0,477	0,624
LOG_G	0,664	1,000	0,332	0,434
LOG_H	0,541	0,366	0,588	0,768
LOG_I	0,733	0,466	0,634	0,828
LOG_J	0,448	0,852	0,298	0,390
LOG_K	0,804	0,630	0,587	0,767
LOG_L	1,000	1,000	0,500	0,654
LOG_M	0,571	0,674	0,449	0,586

En este caso, se observa que el tiempo de operación en el mercado no garantiza la eficiencia automática y que es necesario gestionar estratégicamente para mantener buenos resultados en términos de procesos internos. Dicho esto, el nuevo comportamiento de la frontera de eficiencia circular se presenta en la Figura 3.



**Figura 3.** Frontera de eficiencia circular actualizada.

La unidad de gestión de la eficiencia (DMU) LOG\_B se encuentra en la ciudad de Trindade, PE, y opera en el sector logístico desde hace 15 años. Si bien la evaluación de eficiencia clásica no lo indicó inicialmente, al calcular la eficiencia compuesta, se observó que la empresa destacaba eficazmente tanto en los datos de entrada como en las variables de salida. Cabe destacar que la empresa se centra en minimizar el tiempo de entrega de los pedidos y en asegurar el cumplimiento de la ruta planificada frente a la real (%); es decir, que se siga de acuerdo con el plan operativo. Ambos son indicadores considerados en el modelo de entrada BCC de la DEA, lo que podría haber contribuido al satisfactorio resultado de eficiencia.

El comportamiento de los datos en el conjunto de empresas seleccionadas amplía la discusión acerca de la calidad de las operaciones en el sector. Asimismo, [20] la posibilidad de integrar indicadores básicos vinculados al BSC para cuantificar la eficiencia operacional como un factor de salida, permite identificar ineficiencias y proponer mejoras orientadas.

El resultado final de la evaluación de eficiencia, que se muestra en la Tabla 5, muestra que el modelo DEA es adecuado para evaluar unidades con operaciones homogéneas, incluso si están geográficamente distantes, de modo que se pueden observar variaciones en los valores de eficiencia clásica en relación con los valores complementarios de la Eficiencia Compuesta Normalizada.

Los resultados encontrados en la investigación corroboran otros estudios publicados en la literatura sobre el tema. En este sentido, debe destacarse que, a partir de la metodología adoptada en el estudio, se constató que el enfoque propuesto con base en el Balanced Scorecard puede ser utilizado por diversas empresas con configuraciones operativas distintas; así como que es posible emplear los resultados como base para una reacción flexible y ágil ante las turbulencias del mercado, dado que permite a la empresa verificar su posicionamiento y redirigir sus esfuerzos, reforzando lo señalado en el estudio de Zago et al. [17].

Con base en el comportamiento de las unidades decisorias en el ranking de eficiencia, considerando los indicadores orientados a la entrada (input), las organizaciones pueden mejorar sus operaciones internas con foco en la mejora continua. Entre las ventajas de esta técnica aplicada a la operación de empresas del sector logístico, se destacan:

- Análisis de desempeño multidimensional: se basa en la evaluación simultánea de múltiples entradas y salidas, proporcionando evaluaciones de desempeño detalladas;
- Oportunidades de benchmarking: identificadas mediante comparaciones entre unidades decisorias que revelan las mejores prácticas;
- Identificación de ineficiencias: el Análisis Envolvente de Datos puede destacar las áreas que requieren mejoras;
- Flexibilidad: puede adaptarse fácilmente a diversos sectores y procesos de negocio.

## Conclusiones

Aunque muchas empresas se centran exclusivamente en producir su combinación de productos y servicios para satisfacer las necesidades de sus clientes, si los artículos no llegan a ellos, la empresa fracasará y perderá eficiencia operativa. Por lo tanto, cuanto más eficiente sea la adquisición, manipulación, transporte y almacenamiento de las materias primas hasta su uso, mayor será la rentabilidad del negocio. La coordinación de recursos para la entrega, realizada por la logística de distribución, es esencial para la sostenibilidad del negocio; por lo tanto, el análisis de eficiencia está justificado y es relevante.

La propuesta aborda un enfoque no paramétrico y se ha utilizado ampliamente para definir fronteras de eficiencia y, por lo tanto, evaluar unidades de gestión de la eficiencia (DMU) homogéneas. Esta metodología permitió definir una frontera no paramétrica y medir la eficiencia de cada unidad en relación con esta frontera. En otras palabras, el enfoque DEA se comportó como una herramienta analítica para determinar el rendimiento efectivo de las empresas de logística.

La caracterización de la unidad de evaluación o DMU como un “tomador de decisiones” implica que tiene control sobre el proceso que emplea para convertir sus recursos en resultados. En otras palabras, gestiona las entradas y salidas. En el caso de los insumos y productos considerados, la DEA puede contribuir a la gestión desde un nuevo enfoque a través de la formulación de políticas de eficiencia y el aprendizaje de las mejores prácticas.

Se destaca aquí que la investigación se limitó a trece unidades decisorias (DMU). Este conjunto de empresas cumplió con el criterio de estandarización de las operaciones, es decir, fueron seleccionadas de acuerdo con el sector y los servicios prestados en el ámbito logístico. En función del tiempo dedicado al estudio y del acceso restringido a las demás empresas que también operan en la región, no fue posible involucrar un mayor número de unidades en la investigación.

Asimismo, el período destinado a la investigación estuvo orientado por la disponibilidad de los autores para la recolección y el tratamiento de los datos. Por ello, no fue posible extender el estudio por un período más prolongado ni involucrar un conjunto aún mayor de empresas. Por lo tanto, como sugerencia para investigaciones futuras, se propone realizar una nueva evaluación con las empresas participantes de este estudio, así como incluir nuevas unidades del sector.

## Referencias

- [1] R.H. BALLOU. “Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial.” São Paulo: Editora Bookman, 2010.
- [2] B.S. FUGATE, J.T. MENTZER, T.P. STANK. “Logistics performance: efficiency, effectiveness and differentiation.” *Journal of Business Logistics*, vol. 31, no. 1, p. 43-62, 2010.

- [3] C. ATASEVEN, A. NAIR. "Assessment of supply chain integration and performance relationships: A meta-analytic investigation of the literature." *International Journal of Production Economics*, vol. 185, no. 1, p. 252-265, 2017.
- [4] P.V.S. SANTOS, E.C. SILVA. "Gestão estratégica da qualidade aplicada à redução de devoluções." *Navus - Revista de Gestão e Tecnologia*, vol. 9, no. 4, p. 30-48, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.22279/navus.2019.v9n3.p55-68.819>
- [5] M.M.P. MARCHESINI, R.L.C. ALCÂNTARA. "Logistics activities in supply chain business process: A conceptual framework to guide their implementation." *The International Journal of Logistics Management*, vol. 27, no. 1, p. 6-30, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2014-0068>
- [6] D.J. BOWERSOX. "Supply chain logistics management." McGraw-Hill Higher Education, New York, NY, 2007.
- [7] P.V.S. SANTOS. "Aplicação do overall equipment effectiveness no sistema produtivo de uma vinícola." *Navus - Revista de Gestão e Tecnologia*, vol. 10, p. 01-14, 2020. Doi: <https://doi.org/10.22279/navus.2020.v10.p01-14.933>
- [8] P.V.S. SANTOS, A.V. FERRAZ, A.C.G.C. SILVA. "Utilização da ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso." *Revista Produção Online*, vol. 19, no. 4, p. 1197-1230, 2019. Doi: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i4.3310>
- [9] A. YAZDANPARAST, I. MANUJ, S.M. SWARTZ. "Co-creating logistics value: a service dominant logic perspective." *The International Journal of Logistics Management*, vol. 21, no. 3, p. 375-403, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1108/09574091011089808>
- [10] P.V.S. SANTOS. "A introdução de tecnologias a favor da eficiência em operações logísticas: um estudo de caso no setor de serviços." *Navus - Revista de Gestão e Tecnologia*, vol. 9, no. 3, p. 55-68, 2019. Doi: <https://doi.org/10.22279/navus.2019.v9n3.p55-68.819>
- [11] S. N. HWANG, C. CHEN, Y. CHEN, H.S. LEE, P.D. SHEN. "Sustainable design performance evaluation with applications in the automobile industry: Focusing on inefficiency by undesirable factors." *Omega*, vol. 41, no. 3, p. 553-558, 2013.
- [12] C.M.C.F. FERREIRA, A. P. GOMES. "Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações." Viçosa, 2009.
- [13] M. LOTHGREN, M. TAMBOUR. "Bootstrapping the Data Envelopment Analysis Malmquist Productivity Index." *Applied Economics*, vol. 31, no. 4, p. 417-425, 1999. Doi: <https://doi.org/10.1080/000368499324129>
- [14] R. D. BANKER, A. CHARNES, W.W. COOPER. "Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis." *Management Science*, vol. 30, p. 1078-1092, 1984.
- [15] G. PASCHALIDOU, E. STIAKAKIS, A. CHATZIGEORGIOU. "An Application of Data Envelopment Analysis to Software Quality Assessment." In: *Balkan Conference in Informatics, Proceedings...* BCI '13, 2013, Thessaloniki, Greece, September: 19 - 21, 2013.
- [16] J.M. KATO. "Avaliação de desempenho de sistemas logísticos através do Seis Sigma e Balanced Scorecard". *Revista Da FAE*, vol. 06, no. 02, 2017.
- [17] C.A. ZAGO, L.F. ABREU, C. Grzebieluckas, A.C. BORNIA. "Modelo de avaliação de desempenho logístico com base no balanced scorecard (bsc): proposta para uma pequena empresa", *Revista da Micro e Pequena Empresa*, vol. 02, no. 01, p.19-37, 2008. <https://doi.org/10.6034/38>
- [18] P.V.S. SANTOS, A.V. FERRAZ, T.R.N. CLEMENTE. "Integração do balanced scorecard com o data envelopment analysis para avaliação de desempenho de empresas do apl do gesso". *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, vol. 17, no. 32, 2025. <https://doi.org/10.5007/2175-8018.2025.e108433>
- [19] A. LEPCHAK, S.B. VOESE, S. B. "Evaluation of the efficiency of logistics activities using Data Envelopment Analysis (DEA)". *Gestão & Produção*, vol. 27, no. 1, p. e3371, 2020. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3371-20>
- [20] P.F. LEE, W.S. LAM, W.H. LAM. "Performance Evaluation of the Efficiency of Logistics Companies with Data Envelopment Analysis Model". *Mathematics*, vol. 11, 2023.

## Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Para la revisión gramatical y ortográfica de este artículo, empleamos la herramienta de IA *ChatGPT*. Esta nos permitió identificar errores y mejorar la fluidez del texto. No obstante, realizamos una revisión final para garantizar que el artículo cumpliera con los estándares de calidad de la revista.