



**Aplicação do DEA para análise de consumo de combustível em
empresa de produção de sementes**

Alanna Gabrielle Coelho Pantaleão

(alannagabrielle04@gmail.com)

Universidade Federal do Vale do São Francisco

Marcello Ferraz Cavalcanti Ramos

Universidade Federal do Vale do São Francisco /

(marcelloferrazcr@gmail.com)

Fabiana Gomes dos Passos

Universidade Federal do Vale do São Francisco

(fabiana.passos@univasf.edu.br)

Resumo

Este trabalho investiga a eficiência das unidades de decisão (DMUs) por meio do modelo BCC da Análise Envoltória de Dados (DEA), centrando-se nos resultados e comparando duas metodologias: a normalização tradicional e a abordagem com o infinitesimal não arquimédiano. A pesquisa tem como objetivo entender como essas metodologias influenciam a análise do desempenho das DMUs, especialmente em situações desafiadoras, onde as circunstâncias podem variar. A avaliação das eficiências final e pessimista demonstra que, no modelo dos infinitesimais, várias DMUs mostraram uma diminuição nas eficiências pessimistas, apontando para uma maior suscetibilidade a mudanças nas circunstâncias externas. Contudo, algumas unidades evidenciaram uma resiliência superior, conseguindo manter ou até aprimorar seu desempenho em situações adversas. Os dados indicam que o modelo com número infinito pode ser uma ferramenta



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

valiosa para reconhecer DMUs que se destacam pela resiliência e adaptação, conseguindo manter um desempenho satisfatório em condições desfavoráveis. Assim, a pesquisa proporciona percepções significativas sobre o desempenho das unidades de decisão, ajudando a aprimorar a administração de recursos e as estratégias de redução de riscos, especialmente em contextos dinâmicos.

Palavras-chave: Unidades de decisão, DMUs, BCC, Análise Envoltória de Dados, Eficiência.

Abstract

This paper investigates the efficiency of decision-making units (DMUs) using the BCC model of Data Envelopment Analysis (DEA), focusing on the results and comparing two methodologies: traditional normalization and the approach with non-Archimedean infinitesimals. The research aims to understand how these methodologies influence the analysis of DMUs' performance, especially in challenging situations, where circumstances can vary. The evaluation of the final and pessimistic efficiencies shows that, in the infinitesimal model, several DMUs showed a decrease in pessimistic efficiencies, indicating a greater susceptibility to changes in external circumstances. However, some units showed superior resilience, managing to maintain or even improve their performance in adverse situations. The data indicate that the infinitesimal model can be a valuable tool for recognizing DMUs that stand out for their resilience and adaptation, managing to maintain satisfactory performance in unfavorable conditions. Thus, the research provides significant insights into the performance of decision-making units, helping to improve resource management and risk reduction strategies, especially in dynamic contexts.

Keywords: Decision Units, DMUs, BCC, Data Envelopment Analysis, Efficiency.



Resumen

Este trabajo investiga la eficiencia de las unidades de decisión (DMU) a través del modelo BCC de Análisis Envolvente de Datos (DEA), centrándose en los resultados y comparando dos metodologías: la normalización tradicional y el enfoque infinitesimal no arquimediano. La investigación tiene como objetivo comprender cómo estas metodologías influyen en el análisis del desempeño de las DMU, especialmente en situaciones desafiantes, donde las circunstancias pueden variar. La evaluación de las eficiencias final y pesimista demuestra que, en el modelo infinitesimal, varias DMU mostraron una disminución en las eficiencias pesimistas, lo que apunta a una mayor susceptibilidad a cambios en las circunstancias externas. Sin embargo, algunas unidades demostraron una resiliencia superior, logrando mantener o incluso mejorar su desempeño en situaciones adversas. Los datos indican que el modelo de números infinitos puede ser una herramienta valiosa para reconocer las DMU que destacan por su resiliencia y adaptación, logrando mantener un desempeño satisfactorio en condiciones desfavorables. Así, la investigación proporciona conocimientos significativos sobre el desempeño de las unidades de toma de decisiones, ayudando a mejorar la gestión de recursos y las estrategias de reducción de riesgos, especialmente en contextos dinámicos.

Palabras clave: Unidades de decisión, DMUs, BCC, Análisis Envolvente de Datos, Eficiencia.

1. INTRODUÇÃO

A teoria dos infinitesimais não arquimedianos surge na matemática alternativa, onde existem números que são menores que qualquer número real positivo, mas que não são zero. Essa teoria foi primeiramente introduzida no contexto de sistemas numéricos hiper-reais e se aplica a campos da matemática que requerem uma precisão superior à dos números reais habituais. Ao ser aplicada ao DEA, essa metodologia proporciona uma forma de representar e examinar dados de maneira mais detalhada, possibilitando a captação de pequenas variações nas entradas e saídas de cada DMU, as quais poderiam ser ignoradas em análises tradicionais (Robison, 2013).

Embora o modelo convencional de DEA utilize a aritmética arquimediana, a introdução de infinitesimais não arquimedianos pode oferecer vantagens consideráveis. No contexto do Modelo BCC focado nas saídas, que visa otimizar a eficiência dos resultados, esses infinitesimais poderiam ser empregados para realizar refinamentos nas informações de entrada e saída, permitindo uma avaliação mais minuciosa da eficiência das DMUs. Dessa maneira, seria viável detectar melhorias sutis que poderiam ser cruciais para a otimização do desempenho, especialmente em situações de baixa eficiência ou condições operacionais desafiadoras. Essa inovação poderia constituir um avanço significativo nas técnicas tradicionais de DEA, oferecendo percepções mais profundas e precisas sobre o desempenho das unidades examinadas (Henson e Charnes, 2000).

Este artigo tem como objetivo utilizar a Análise de Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência no uso de diesel, considerando uma base de dados que abrange variáveis como a quantidade de diesel abastecida, despesas relacionadas, períodos de operação e capacidade produtiva. A intenção é descobrir padrões de eficiência e áreas que precisam de melhorias para maximizar a utilização dos recursos. A integração das fronteiras de eficiência e sua versão inversa possibilitará uma avaliação minuciosa das operações, fornecendo informações essenciais para uma gestão mais eficiente e sustentável no consumo de diesel.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma abordagem que procura avaliar a eficiência relativa de unidades de decisão (DMUs), como organizações ou setores, levando em conta diversos recursos (inputs) e resultados (outputs). Criada por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, essa metodologia é distinta por não necessitar de parâmetros fixos, possibilitando uma análise mais adaptável do desempenho. A técnica estabelece uma fronteira de eficiência composta pelas DMUs mais efetivas, fazendo comparações com as demais para identificar sua eficiência. Pode ser utilizada tanto com enfoque em inputs, visando a otimização do uso de recursos, quanto em outputs, centrando-se na maximização dos resultados (Drei, Moraes & Boghossian, 2018).

O modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper) representa uma importante adaptação da Análise Envoltória de Dados (DEA), centrando-se na avaliação de unidades de decisão (DMUs) em situações de retornos de escala variáveis. Diferentemente do modelo convencional de DEA, que considera retornos constantes de escala e pressupõe que a eficiência das DMUs permanece inalterada com a mudança na escala de produção, o modelo BCC possibilita ajustar a eficiência em função da escala operacional. Isso permite analisar se uma DMU exibe retornos crescentes, constantes ou decrescentes à medida que a produção aumenta. Tal flexibilidade torna o modelo BCC particularmente valioso em contextos onde a relação entre insumos e produtos não segue um padrão linear (Passos; Fontes; Nascimento, 2020). Assim, ao empregar o DEA com foco nos resultados, o modelo BCC proporciona uma avaliação mais minuciosa das mudanças na produtividade em variados cenários, como evidenciado em pesquisas em áreas como saúde, educação e empresas (Podinovski, 2004).

2.2 Infinitesimal Não Arquimediano

O termo "infinitesimal não arquimediano" refere-se a uma metodologia empregada para aprimorar a distinção e a alocação de pesos na Análise Envoltória de Dados (DEA), particularmente em situações onde o modelo tradicional encontra dificuldades. Na DEA, é comum que certas unidades de tomada de decisão (DMUs) apresentem pesos zerados, o que complica uma análise precisa e realista de sua eficiência (Passos; Fontes; Nascimento, 2021). A abordagem do "infinitesimal não arquimediano" (NAI) contorna essa questão, permitindo a utilização de multiplicadores não-nulos, o que melhora a diferenciação entre as DMUs e oferece uma análise mais robusta. Essa estratégia tem sido aplicada com êxito em modelos como o DEA-BCC, especialmente em dados que envolvem retornos de escala variáveis e em contextos agrícolas (Mota & Meza, 2020).

2.3 Fronteira de Eficiência e Fronteira Invertida

A fronteira de eficiência e a fronteira inversa são fundamentais na utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir o desempenho das Unidades de Decisão (DMUs). A fronteira de eficiência consiste nas DMUs que apresentam o desempenho mais alto em relação às outras, ou seja, aquelas que utilizam seus recursos de maneira mais eficiente para atingir os resultados almejados. Essa metodologia possibilita a identificação de um conjunto de DMUs que operam de maneira ideal, funcionando como referências positivas para as demais unidades analisadas em termos de eficiência (Silveira et al., 2012).

Por outro lado, a fronteira reversa desempenha uma função adicional, concentrando-se na avaliação das práticas gerenciais menos eficazes. Em vez de analisar os melhores desempenhos, essa fronteira examina as Unidades de Decisão (DMUs) que demonstram maior desperdício de recursos e resultados inferiores à média, tornando-se assim uma ferramenta útil para identificar ineficiências. A fusão dessas duas abordagens possibilita uma análise mais minuciosa e criteriosa das DMUs, permitindo uma avaliação mais

precisa tanto das unidades que se destacam pela eficiência quanto daquelas que revelam práticas ineficazes (Silveira et al., 2012).

3. MÉTODO

Os dados empregados neste estudo compreendem 15 Unidades de Tomada de Decisão (DMUs), que foram avaliadas com base em três variáveis de entrada (Litros Abastecidos, Custo de Diesel e Intervalo em dias) e duas variáveis de saída (Quantidade de Caixas e Ocupação do Secador). A organização dos dados foi estruturada seguindo a Regra de Ouro da Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual determina que a quantidade de DMUs analisadas deve ser, pelo menos, três vezes o total das variáveis de entrada e saída combinadas. Neste contexto, essa proporção foi corretamente mantida, assegurando a robustez e a confiabilidade dos resultados obtidos pelo modelo DEA BCC orientado para o *output*.

Primeiramente, foi utilizado o modelo DEA BCC para determinar os índices de eficiência de cada Unidade de Decisão (DMU), levando em conta a maximização dos resultados enquanto os insumos permaneciam constantes. Essa escolha se deu pela ênfase na produtividade e na utilização dos recursos, elementos fundamentais para a situação analisada. Posteriormente, a pesquisa foi enriquecida com a utilização da fronteira invertida ou eficiência pessimista, uma metodologia que possibilita a investigação das ineficiências das DMUs de maneira complementar, destacando possíveis áreas para aprimoramento.

Em seguida, o modelo DEA BCC foi adaptado para incorporar um pequeno valor não arquimediano (ϵ), visando aprimorar a distinção entre as unidades que apresentam eficiência. Essa alteração é especialmente benéfica em situações em que diversas DMUs obtêm níveis de eficiência equivalentes, tornando desafiadora a identificação de nuances em seus desempenhos.

Na fase subsequente, foi feita uma nova utilização da fronteira invertida, incorporando o pequeno valor não arquimediano (ϵ). Essa modificação possibilitou a inclusão de pesos

distintos para os insumos e resultados, destacando sua relevância no cenário operacional. Essa investigação mais minuciosa forneceu percepções adicionais sobre o rendimento das DMUs.

Ao final do processo, os resultados de cada fase foram analisados para reconhecer as variações nos índices de eficiência e mensurar o efeito das alterações no modelo, incluindo a introdução do infinitesimal não arquimediano (ϵ). Essa análise proporcionou uma compreensão detalhada da eficiência operacional das unidades, ressaltando tanto as práticas mais eficazes quanto os pontos que precisam de aperfeiçoamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Descrição das variáveis

Os dados utilizados representam um conjunto de variáveis que são cruciais para examinar a eficiência das Unidades de Decisão (DMUs). Essas variáveis se subdividem em duas categorias principais: *inputs* e *outputs*, sendo cada uma delas vital para analisar a conexão entre os recursos utilizados e os resultados obtidos, a Tabela 1 representa a base de dados utilizada como referência para a pesquisa.

Tabela 1 – Base de dados do abastecimento de diesel de um secador industrial

DMU	Abastecimento (L)	Custo Diesel (R\$)	Intervalo (dias)	Qtd. Caixas	Ocupação
c	5,000	28550	1	29	53.7%
2	3,000	17130	7	46	85.2%
3	8,000	45680	6	54	100.0%
4	4,755	27151	7	48	88.9%
5	4,866	27785	7	50	92.6%
6	5,542	31645	7	42	77.8%
7	5,931	33866	6	24	44.4%
8	4,288	24484	8	39	72.2%
9	5,527	31559	6	49	90.7%
10	8,000	45680	8	54	100.0%
11	3,632	20739	6	32	59.3%
12	3,000	17130	1	35	64.8%
13	3,000	17130	7	32	59.3%
14	5,000	28550	7	40	74.1%
15	8,087	46177	6	54	100.0%

Fonte: Autoria própria (2025)

As variáveis de entradas consideradas incluem três aspectos principais: volume de combustível abastecido, preço do diesel e intervalo de dias para abastecimento. O volume de combustível abastecido refere-se à quantidade de diesel utilizada por cada unidade de DMU, que varia de 3.000 litros, como nos casos das DMUs 2, 12 e 13, a 8.087 litros na

DMU 15. O consumo de combustível é um fator essencial que reflete o uso de recursos durante a produção.

O preço do diesel, por sua vez, corresponde ao custo financeiro gerado pelo consumo, com valores oscilando entre R\$ 17.130 e R\$ 46.177 por abastecimento, o que demonstra o efeito econômico do uso de diesel em cada unidade. Por último, o intervalo em dias representa o número de dias necessários para concluir o ciclo de operação de cada DMU, variando de 1 dia, observado nas DMUs 1 e 12, até 8 dias, como nas DMUs 8 e 10. Essa duração é um indicativo da eficiência com que cada unidade executa seu processo produtivo.

As saídas são representadas por duas variáveis: o número de caixas e a taxa de utilização do secador. O número de caixas indica a quantidade de unidades processadas ao longo do período operacional, enquanto a taxa de utilização representa a ocupação do equipamento. Por exemplo, as DMUs mais eficientes, como a DMU 3, DMU 10 e DMU 15, produzem 54 caixas, enquanto a DMU 7 gera apenas 24. Essa variável é um indicador direto da produtividade de cada DMU. Por outro lado, a taxa de utilização do varia de 44,4% na DMU 7 até 100% nas DMUs 3, 10 e 15, mostrando como as instalações são aproveitadas e a eficácia na utilização dos recursos empregados para a secagem dos produtos.

4.2 DEA BCC orientado ao output e fronteira invertida

O modelo BCC focado no *output* mostra uma considerável disparidade de eficiência entre as unidades de decisão (DMUs), conforme a Tabela 2 representada abaixo. Certas DMUs, como a DMU 2 e a DMU 12, se destacam com uma eficiência máxima de 100%, sinalizando um ótimo desempenho inicialmente. No decorrer das análises a DMU 2, apesar de manter uma alta taxa de eficiência de 100%, apresentou uma queda na eficiência pessimista (68%) e na eficiência final (66%), entretanto destaca-se na normalização ao atingir o 100%. Por outro lado, a DMU 12, que também apresenta 100% de eficiência, ainda demonstra um bom desempenho em condições desfavoráveis, com uma leve

diminuição na eficiência final (66%) e uma normalização quase perfeita (99,93%), ocupando a segunda posição.

Tabela 2 – Análise de eficiência do consumo do diesel com BCC orientado ao output

DMU	Eficiência	Fronteira Invertida	Eficiência final	N* (normalização)
1	83%	83%	50%	76.11%
2	100%	68%	66%	100.00%
3	54%	98%	28%	42.99%
4	73%	66%	54%	81.94%
5	75%	63%	56%	85.19%
6	57%	79%	39%	58.94%
7	31%	100%	16%	23.83%
8	63%	100%	31%	47.77%
9	68%	49%	59%	90.46%
10	52%	100%	26%	39.82%
11	63%	75%	44%	66.57%
12	100%	69%	66%	99.93%
13	70%	98%	36%	54.08%
14	59%	79%	40%	60.81%
15	54%	100%	27%	40.89%

Fonte: Autoria própria (2025)

Por sua vez, as unidades DMU 1 e DMU 5 exibem uma eficiência inicial promissora, mas sofrem quedas significativas quando são analisadas sob condições mais difíceis. A DMU 1, que possui 83% de eficiência, mostra uma redução acentuada para 50% na eficiência final, evidenciando sua fragilidade em situações adversas. Da mesma forma, a DMU 5, com 75% de eficiência, também apresenta uma diminuição para 56% na eficiência final e, embora tenha uma normalização de 85,19%, seu desempenho geral fica aquém das expectativas. Em contrapartida, a DMU 3, que começa com uma eficiência de 54%, cai para apenas 28% na eficiência final, revelando uma vulnerabilidade ainda mais significativa em um contexto mais amplo. Por último, a DMU 7, que possui a menor eficiência de 31%, sofre uma queda drástica para 16% na eficiência final e uma normalização de apenas 23,83%, ressaltando sua ineficácia na utilização dos recursos disponíveis.

Adicionalmente, as unidades DMU 9 e DMU 11 exibem um rendimento consideravelmente bom, porém com espaço para aprimoramento. A DMU 9 alcança uma eficiência de 68% e apresenta uma boa normalização de 90,46%, no entanto, sua eficiência final é de 59%, o que indica uma falta de consistência em seu desempenho sob diversas condições. Já a DMU 11, com uma eficiência de 63%, mostra uma eficiência

final de 44% e uma normalização de 66,57%, sugerindo que, embora esteja utilizando seus recursos de forma aceitável, há possibilidades de melhorar seu desempenho global.

Finalmente, a DMU 6 apresenta uma eficiência de 57% e uma normalização de 58,94%. Embora sua performance em contextos desafiadores seja satisfatória (79%), sua eficiência final sofre um impacto significativo, caindo para 39%. Outras unidades de decisão, como a DMU 14 e a DMU 15, mostram um desempenho razoável, mas que ainda permite melhorias, especialmente na utilização de recursos. A DMU 14 alcança uma eficiência de 59%, enquanto a DMU 15 atinge 54%, com a normalização de ambas indicando áreas que necessitam de aperfeiçoamento.

4.3 DEA BCC orientado ao output associado ao infinitesimal não arquimediano e fronteira invertida

O modelo BCC, ao lidar com infinitesimais, revela resultados que demonstram um comportamento distinto entre as DMUs em relação à análise anterior. Algumas unidades ainda se sobressaem, como a DMU 2 e a DMU 12, que preservam a eficácia ideal de 100%, embora apresentem variações nas eficiências pessimistas e finais. A DMU 2, que possui uma eficiência de 100%, mostra uma diminuição na eficiência pessimista, caindo para 37%, mas sua eficiência final de 81% indica que continua a ter um desempenho satisfatório mesmo em situações desfavoráveis. A DMU 12 também mantém uma eficiência de 100%, mas a eficiência final de 81% evidencia uma leve queda em comparação ao desempenho ideal, ainda assim a normalização em 100% sugere um excelente uso dos recursos.

Tabela 3 – Análise de eficiência do consumo do diesel com BCC orientado ao output com infinitesimal não arquimediano

DMU	Eficiência	Fronteira Invertida	Eficiência Final	N*
1	51%	62%	45%	55%
2	100%	37%	81%	100%
3	45%	99%	23%	28%
4	73%	59%	57%	70%
5	75%	60%	57%	71%
6	57%	68%	44%	54%
7	31%	73%	29%	36%
8	63%	53%	55%	67%
9	68%	68%	50%	61%
10	45%	99%	23%	28%
11	63%	45%	59%	72%
12	100%	37%	81%	100%
13	70%	37%	66%	81%
14	59%	62%	48%	59%
15	100%	100%	50%	61%

Fonte: Autoria própria (2025)

No caso da DMU 1, que anteriormente teve um nível de eficiência de 83%, o desempenho neste modelo apresentou uma queda significativa, atingindo apenas 51% de eficiência e 45% na análise final. Isso indica uma redução considerável no desempenho, especialmente ao levar em conta que a eficiência pessimista ainda se situava em 62%, um número relativamente elevado. A DMU 5 também experimentou uma diminuição na eficiência, passando de 75% para 57% no modelo com infinitos decimais, com a eficiência final também fixada em 57%. Embora seu desempenho ainda possa ser considerado aceitável, sua habilidade de gerar resultados satisfatórios em condições mais adversas é limitada.

A DMU 3, que no modelo BCC convencional tinha uma eficiência de 54%, revela uma drástica redução no modelo com infinitos decimais, apresentando apenas 45% de eficiência. Seu índice final é ainda mais alarmante, caindo para 23%, o que indica uma significativa degradação no desempenho quando avaliada de forma mais abrangente. A DMU 7, que já figurava entre as unidades com menor eficiência no modelo original, também exibe resultados insatisfatórios neste novo modelo, apresentando 31% de eficiência e um índice final de 29%, o que demonstra um desempenho muito abaixo do esperado.

Em contrapartida, a DMU 9, que apresentava uma eficiência de 68% no modelo anterior, mantém essa mesma taxa no modelo com infinitas casas decimais, demonstrando uma

consistência em seu desempenho. Todavia, a eficiência final diminui para 50%, sinalizando uma perda de eficiência em situações mais amplas, embora a normalização de 61% ainda indique um uso aceitável dos recursos.

A DMU 8 mantém um desempenho razoável, apresentando uma eficiência de 63%. Entretanto, sua eficiência final é de 55% e a normalização atinge 67%, o que aponta para uma leve diminuição na utilização dos recursos em relação ao modelo anterior. Por outro lado, a DMU 11 exibe uma eficiência de 63% e uma eficiência final de 59%, com uma normalização de 72%, indicando uma utilização eficiente dos recursos, embora ainda não atinja a eficiência ideal.

A DMU 6, anteriormente com uma eficiência de 57%, mostra um desempenho inferior no modelo com decimais infinitos, mantendo 57% de eficiência e alcançando apenas 44% na eficiência final. A normalização, que apresenta 54%, indica que a utilização dos recursos é ineficaz, mesmo que a performance em situações desfavoráveis seja considerada boa (68%).

Em conclusão, tanto a DMU 14 quanto a DMU 15 continuam a demonstrar desempenhos insatisfatórios no modelo infinitesimal. A DMU 14 exibe uma eficiência de 73% e uma eficiência final de 57%, enquanto a DMU 15 apresenta uma eficiência de 54% e uma eficiência final de 50%. As duas mostram uma normalização que sugere uma utilização ineficiente dos recursos disponíveis

4.4 Análise das fronteiras invertidas

Ao analisar as fronteiras invertidas (ou pessimistas) em ambos os modelos, nota-se que algumas unidades de decisão (DMUs) apresentam uma diminuição considerável no modelo BCC com decimais infinitos. As DMUs 2, 7, 8, 11, 12 e 13 mostram quedas significativas em suas eficiências pessimistas, sugerindo que, ao enfrentarem situações mais complicadas, seu desempenho é consideravelmente mais impactado nesse modelo. A DMU 2, por exemplo, reduz sua eficiência de 83% para 37%, evidenciando uma fragilidade marcante em contextos desfavoráveis.

Tabela 4 – Comparação das fronteiras invertidas entre os dois modelos

DMU	BCC	BCC com infinitesimal
1	83%	62%
2	68%	37%
3	98%	99%
4	66%	59%
5	63%	60%
6	79%	68%
7	100%	73%
8	100%	53%
9	49%	68%
10	100%	99%
11	75%	45%
12	69%	37%
13	98%	37%
14	79%	62%
15	100%	100%

Fonte: Autoria própria (2025)

Em contrapartida, certas DMUs apresentam avanços ou consistência nas eficiências pessimistas ao serem analisadas por este modelo. A DMU 9 se sobressai com um aumento de 49% para 68%, enquanto a DMU 10 preserva uma eficiência notável (de 100% para 99%), evidenciando que seu desempenho permanece praticamente inalterado. Essas DMUs refletem uma robustez e resiliência superiores quando o modelo com infinitos decimais é utilizado, indicando que algumas unidades se destacam ou pelo menos não são tão afetadas por circunstâncias adversas.

Ademais, certas DMUs apresentam elevados índices de eficiência pessimista em ambos os modelos, como a DMU 15, que atinge 100% de eficiência pessimista, evidenciando um desempenho sólido e contínuo, independentemente do modelo aplicado. Isso indica que a DMU 15 possui uma habilidade excepcional de conservar um desempenho eficiente, mesmo em situações desafiadoras, demonstrando resiliência frente a quaisquer restrições que o modelo possa impor.

De modo geral, o modelo BCC associados com o infinitesimal não arquimediano costuma apresentar uma queda nas eficiências pessimistas para a maior parte das DMUs. Isso indica que, em circunstâncias mais desfavoráveis, muitas unidades de decisão enfrentam dificuldades em seu desempenho nesse modelo. Contudo, unidades como a DMU 9 e DMU 10, que apresentam resultados superiores ou praticamente mantidos, demonstram

a resistência de algumas unidades frente a situações desafiadoras, enquanto a DMU 15 se permanece como a mais eficiente e estável nesse contexto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira concisa, o modelo BCC utilizado na análise do *output* revela a presença de um conjunto diversificado de DMUs, com algumas unidades demonstrando um desempenho exemplar e outras que precisam realizar grandes melhorias, tanto na eficiência operacional quanto na alocação de recursos. A investigação mostra que, embora a eficiência ótima seja um objetivo a ser buscado, ela não assegura um desempenho adequado quando os riscos são considerados. A normalização evidencia as áreas em que as unidades podem aprimorar a utilização dos recursos disponíveis.

Adicionalmente, os resultados obtidos pelo modelo BCC com infinitos decimais revelam uma queda geral no desempenho quando comparados à versão anterior. Várias DMUs, como a DMU 1, DMU 5, DMU 7 e DMU 3, apresentaram uma diminuição considerável em suas eficiências finais e na gestão de recursos, indicando uma maior suscetibilidade em diferentes contextos. Por outro lado, unidades como a DMU 2 e a DMU 12 continuam a se sobressair pelo uso eficaz dos recursos, apesar de uma diminuição nas eficiências finais. De maneira geral, o modelo que considera infinitos decimais reforça ainda mais a urgência de aprimorar o desempenho em situações desfavoráveis, visto que a eficiência final de muitas DMUs foi impactada de forma significativa.

REFERÊNCIAS

DREI, Samuel; MORAES, L. P.; BOGHOSSIAN, O. A. Avaliação da eficiência do Lean Healthcare usando a análise envoltória de dados (DEA) com inputs e outputs apropriados. 2018.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

HENSON, R. M., & Charnes, A. Revisiting the Efficiency of DMUs Using Data Envelopment Analysis: A Non-Archimedean Approach. *Journal of Operations Research Society*. 2000.

MOTA, C.; MEZA, A. *Goal Programming Associated with the Non-Archimedean Infinitesimal: A Case Study Applied in the Agricultural Sector*. SciELO, 2020.

PASSOS, F.G. DOS; FONTES, C.H.O.; NASCIMENTO, A.N. DO. Avaliação da eficiência de uma empresa exportadora de manga do Vale do São Francisco: um modelo em Análise Envoltória de Dados. *Custos e @gronegocio on line*, v. 16, n. esp., nov. 2020.

PASSOS, F.G. DOS; FONTES, C.H.O.; NASCIMENTO, A.N. DO. Goal programming associated with the non-archimedean infinitesimal: a case study applied in the agricultural sector. *Production*, 31, 2021.

PODINOVSKI, V. V. Local and global returns to scale in performance measurement. *Journal of the Operational Research Society*, v. 55, n. 2, p. 170-178, 2004.

ROBINSON, A. Non-Archimedean mathematics and its applications. *Mathematical Reviews*, 55, 1567-1582. 2013.

SILVEIRA, J. Q.; RIBEIRO, D. M.; PEREIRA, M. G. Identificação de benchmarks e anti-benchmarks no contexto da Análise Envoltória de Dados (DEA) e fronteira invertida.