

**Revisão bibliográfica das aplicações de Análise Envoltória de Dados em Jogos Olímpicos**  
**Bibliographic review of Data Envelopment Analysis applications in Olympic Games**  
**Revisión bibliográfica de aplicaciones de Análisis de Datos Involucrados en Juegos Olímpicos**

Recebido: 18/07/2019 | Revisado: 22/07/2019 | Aceito: 15/08/2019 | Publicado: 26/08/2019

**Wallace Giovanni Rodrigues do Valle**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4662-4129>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: [wallacegrv@gmail.com](mailto:wallacegrv@gmail.com)

**Mariana Rodrigues de Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7491-0742>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: [almeidamariana@yahoo.com](mailto:almeidamariana@yahoo.com)

**Alessandro Jackson Teixeira de Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4539-6948>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: [alessandro.jk@hotmail.com](mailto:alessandro.jk@hotmail.com)

**Resumo**

O objetivo deste estudo é realizar uma revisão sistemática da literatura acerca da avaliação de desempenho dos países em jogos olímpicos, analisando, especificamente, estudos que englobam a técnica não-paramétrica Análise Envoltória de Dados (DEA). Os artigos científicos encontrados são datados no período de 2002 a 2018. Requereu-se a organização da evolução das modelagens matemáticas aplicadas e análise dos resultados no processo de avaliação dos jogos. Além disso, observou-se as variáveis utilizadas e outras técnicas que auxiliaram os autores na avaliação realizada. Identificou-se uma tendência, na literatura mais recente, para o uso do modelo DEA em redes. De modo geral, verifica-se que os países padecem de escores mais altos de eficiência, sobretudo no âmbito administrativo. Portanto, após este tipo de disseminação de conhecimento, é possível identificar a necessidade de remodelar e implantar novas estratégias de direcionamento de recursos, a fim de obter melhores índices de desempenho em jogos dessa magnitude.

**Palavras-chave:** Olimpíadas; Análise de eficiência; Revisão de literatura.

### **Abstract**

The objective of this study is to perform a systematic review of the literature on the performance evaluation of countries in Olympic Games, specifically analyzing studies that encompass the non-parametric technique Data Envelopment Analysis (DEA). The scientific articles are dated from 2002 to 2018. It was necessary to organize the evolution of applied mathematical models and analyze the results in the game evaluation process. In addition, it was observed that the variables used and other techniques that helped the authors in the evaluation performed. A trend has been identified in the most recent literature for the use of the DEA model in networks. In general, countries are found to suffer from higher efficiency scores, especially at the administrative level. Therefore, after this type of dissemination of knowledge, it is possible to identify the need to remodel and implement new resource allocation strategies in order to obtain better performance indices in games of this magnitude.

**Keywords:** Olympics; Efficiency analysis; Literature review.

### **Resumen**

El objetivo de este estudio es realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la evaluación del desempeño de los países en los juegos olímpicos, analizando específicamente los estudios que abarcan el análisis de la envolvente de datos (DEA) de la técnica no paramétrica. Los artículos científicos datan de 2002 a 2018. Fue necesario organizar la evolución de los modelos matemáticos aplicados y analizar los resultados en el proceso de evaluación del juego. Además, se observó que se realizaron las variables utilizadas y otras técnicas que ayudaron a los autores en la evaluación. Se ha identificado una tendencia en la literatura más reciente para el uso del modelo DEA en redes. En general, se encuentra que los países sufren calificaciones de eficiencia más altas, especialmente a nivel administrativo. Por lo tanto, después de este tipo de difusión de conocimiento, es posible identificar la necesidad de remodelar e implementar nuevas estrategias de asignación de recursos para obtener mejores índices de rendimiento en juegos de esta magnitud.

**Palabras clave:** Olimpíadas; Análisis de eficiencia; Revisión de literatura.

## **1. Introdução**

Os jogos olímpicos detêm a capacidade de influenciar positivamente alguns aspectos de uma nação. O nível global dos jogos excede a importância de uma competição comum e impactam, por exemplo, a cultura popular e até mesmo a visibilidade de um país. Possuir um bom desempenho nas olimpíadas, em detrimento aos demais participantes, sugere que uma

nação executa boas tomadas de decisão para a área de esportes.

Entretanto, Lins et al. (2003) revela que, no cenário mundial, o Comitê Olímpico Internacional, responsável pela gestão de recursos desportivos, nunca publicou o ranking por meio da eficiência das federações participantes. Nesse contexto, a Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA) emerge como uma das técnicas frequentemente utilizadas para avaliação de eficiência. O DEA baseia-se em um modelo de programação linear, portanto, pode-se sistematizar e resolver os problemas com as ferramentas computacionais existentes.

Análises bibliométricas da área de DEA, como as desenvolvidas por Liu et al. (2013), Lampe & Hilgers (2015), Liu et al. (2016) e Emrouznejad & Yang (2018) indicam a diversidade de aplicações e o avanço das ferramentas para retratar mais fielmente os problemas investigados. Além disso, a investigação - em uma perspectiva quantitativa da literatura acadêmica - enumera a contribuição desses trabalhos para a área de aplicação e facilita a observação das tendências e das abordagens preponderantes.

Este estudo, por sua vez, tem como objetivo realizar uma análise sistemática da literatura acadêmica que aborda DEA para avaliação de olimpíadas. Pretende-se, portanto, estratificar o conhecimento proveniente dos estudos, a fim de contribuir para a consolidação do DEA e demais ferramentas e variáveis utilizadas, de modo disperso, na avaliação da eficiência de jogos olímpicos. Assim, o presente trabalho supre lacunas referentes à escassez de estudos com esta temática, uma vez que ainda não há registro de revisão bibliográfica acerca da aplicação de DEA em eventos olímpicos.

Apresenta-se este trabalho em tópicos. O primeiro promoveu uma introdução ao objeto de pesquisa. O segundo explora um breve referencial teórico que engloba DEA e jogos olímpicos. O terceiro expõe o método adotado para alcance dos objetivos. O quarto proporciona os resultados advindos desse método. Por fim, as considerações finais realizam um apanhado geral do estudo.

## **2. Análise Envoltória de Dados e jogos olímpicos**

A Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA) é uma técnica não-paramétrica de mensuração de desempenho que utiliza a programação linear para comparar unidades de tomada de decisão (Decision Making Units - DMUs). As DMUs precisam apresentar, portanto, as mesmas características funcionais, uma vez que a homogeneidade garante a equidade de variáveis a serem adotadas. Desse modo, assume-se

que os mesmos insumos (inputs) geram os mesmos produtos (outputs), independente da tecnologia ou operação interna de cada DMU.

Múltiplos inputs e outputs podem ser empregados para todas as DMUs, em diferentes unidades de medida ou não. Os modelos matemáticos podem ser orientados às entradas ou saídas do processo, e se apresentam tradicionalmente com retornos de escala constantes (CCR ou CRS - Constant Returns to Scale) ou variáveis (BCC ou VRS - Variable Returns to Scale).

Características maleáveis como essas expandem as oportunidades de implementação do DEA em diversas áreas, com diferentes processos. As aplicações para avaliação esportiva, por exemplo, são consideravelmente difundidas, uma vez que a ideia de mercado competitivo ultrapassou os limites da área de negócios, se tornando intensa também quando se trata de temas como esporte (Chitnis & Vaidya, 2014, Rubem & Brandão, 2015).

De acordo com Jablonsky (2018), o estabelecimento de ranking de países após eventos esportivos importantes pertence a um dos resultados mais significativos em relação ao desempenho, desenvolvimento e sucesso das nações. Por isso, o uso de modelos quantitativos como o DEA são bastante frequentes em estudos relacionados aos resultados de Jogos Olímpicos (Shirouyehzad & Yazdani, 2014, Jablonsky, 2018).

O ranking oficialmente publicado pelo Comitê Olímpico Internacional classifica a conquista dos países participantes usando ordem Lexicográfica, o que significa que os países com maior número de medalhas de ouro são classificados em maior posição (independentemente do número de medalhas nos níveis mais baixos), assim, medalhas de ouro são de importância dominante (Zhang et al., 2009, Jablonsky, 2018). Desse modo, além de não considerar os recursos das nações, a colocação de um país com apenas um ouro e nenhuma outra medalha é superior a de um país sem ouro, mas com várias pratas e/ou bronzes (Jablonsky, 2018).

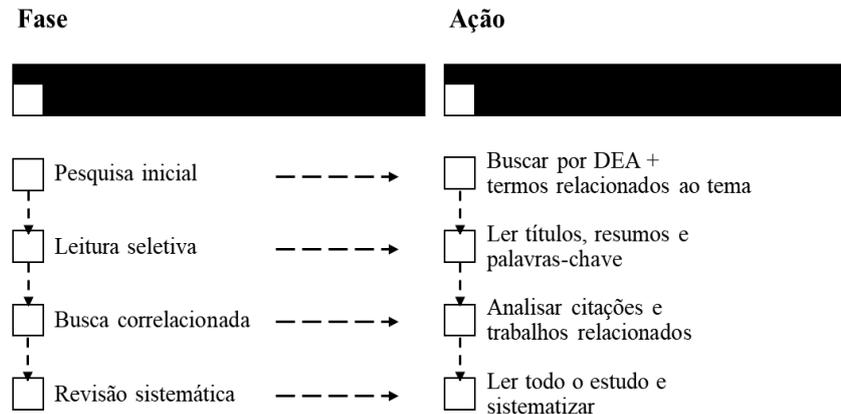
As possíveis falhas resultantes desse sistema faz com que seja essencial uma outra perspectiva para o ranking de conquistas. Isto é, é preciso que não se analise apenas o resultado técnico dos jogos esportivos, mas que também seja fornecido um aparato da situação dos países. Tal cenário pode ser transparecido por uma série de variáveis, responsáveis por administrar o processo de participação nas olimpíadas (inputs e outputs em um modelo DEA).

### **3. Método de pesquisa**

O presente estudo está fundamentado em quatro fases: (a) pesquisa inicial em base de

dados, (b) leitura seletiva dos produtos da pesquisa, (c) busca por estudos correlacionados aos selecionados e (d) revisão sistemática das principais informações. Para fins de visualização do processo realizado, a Figura 1 esquematiza a rede sequencial de atividades adotada nesta pesquisa, incluindo as ações executadas para concluir cada fase.

**Figura 1** - Sequenciamento das atividades da pesquisa.



Fonte: elaborado pelos autores.

A pesquisa inicial indicada foi realizada nas bases de dados Scopus e Web Of Science. A partir dos resultados encontrados, examinou-se os títulos, palavras-chave e, sobretudo, os resumos dos trabalhos, a fim de identificar quais tinham potencial para contemplar a área objeto de estudo. Tendo em vista os pilares desta pesquisa, os trabalhos que não apresentaram ligação entre DEA e jogos olímpicos em suas estruturas iniciais foram excluídos.

Uma vez determinada essa amostra inicial, buscou-se por estudos correlacionados, em outras palavras, investigou-se os trabalhos sugeridos como semelhantes nas bases de dados e as citações/referências dos estudos da amostra. Somente após a conclusão dessas atividades, seguiu-se para a leitura por completo, acompanhada da sistematização de acordo com informações categóricas. Os trabalhos julgados como não condizentes com a temática abordada foram eliminados da amostra.

Por fim, alcançou-se uma amostra final de 20 estudos, os quais estão distribuídos no período de 2002 a 2018. A sistematização supracitada ocorreu por meio de uma planilha para facilitar e otimizar a análise estratificada dos trabalhos. Logo, a leitura e classificação foi realizada conforme a observação dos seguintes itens: Autor, Ano, Revista, Área do estudo, Modelo, Orientação, Variáveis utilizadas e Técnicas auxiliares.

A investigação desses aspectos é importante para que a revisão bibliográfica seja amplamente construída e consolidada. Procurou-se elucidar a evolução dos eixos de pesquisa

determinados e estabelecer um panorama global das publicações, representando o fluxo de conhecimento em uma teia que ilustra a correlação entre os trabalhos. Sendo assim, foi possível mapear o uso da Análise Envoltória de Dados no campo olímpico.

#### 4. Resultados

Sistematizando os 20 trabalhos da amostra final, foi possível examinar alguns aspectos que compõem a caracterização dos estudos. Inicialmente, a Tabela 1 apresenta todos os estudos presentes na amostra, por local de publicação.

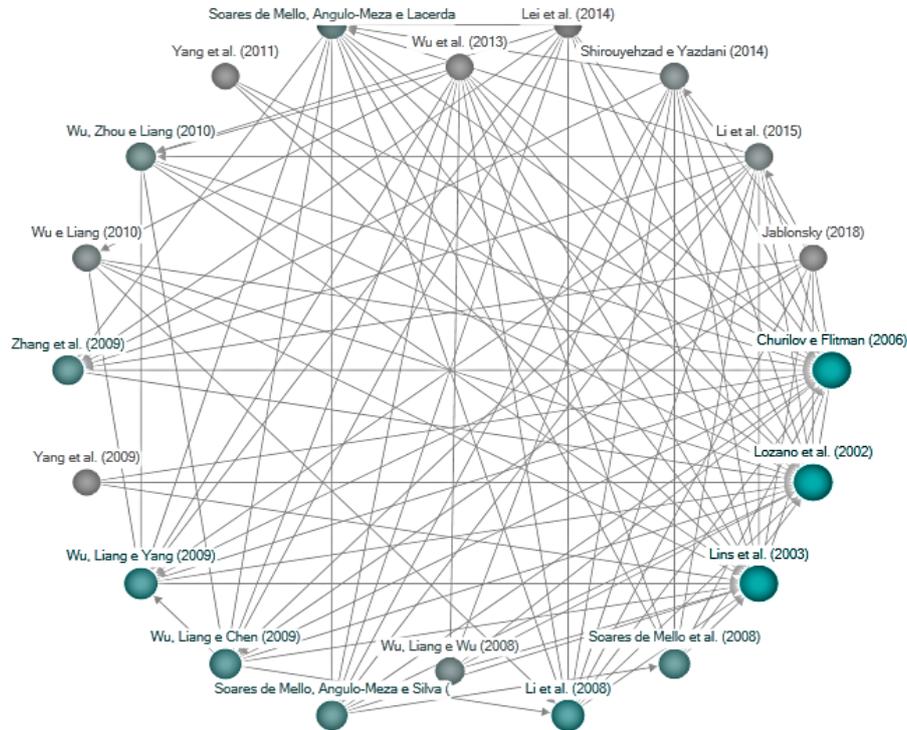
**Tabela 1** – Ranking dos locais de publicação.

<b>Autor (ano)</b>	<b>Revista</b>	<b>Total</b>
Lins et al. (2003) / Wu, Liang e Yang (2009) / Yang et al. (2011) / Li et al. (2015)	European Journal of Operational Research	4
Lozano et al. (2002) / Zhang et al. (2009)	Journal of the Operational Research Society	2
Churilov e Flitman (2006)	Computers & Operations Research	1
Soares de Mello et al. (2008)	WSEAS Transactions on Systems	1
Li et al. (2008)	Omega	1
Wu, Liang e Wu (2008)	International Journal of Enterprise Network Management	1
Soares de Mello, Angulo-Meza e Silva (2009)	IMA Journal of Management Mathematics	1
Wu, Liang e Chen (2009)	Omega	1
Yang et al. (2009)	IEEE (Computational Intelligence and Software Engineering)	1
Wu e Liang (2010)	International Journal of Applied Management Science	1
Wu, Zhou e Liang (2010)	Journal of Sports Economics	1
Soares de Mello, Angulo-Meza e Lacerda (2012)	Pesquisa Operacional	1
Wu et al. (2013)	Asia-Pacific Journal of Operational Research	1
Lei et al. (2014)	Annals of Operations Research	1
Shirouyehzad e yazdani (2014)	Journal of Data Envelopment Analysis and Decision Science	1
Jablonsky (2018)	Central European journal of operations research	1

Fonte: elaborado pelos autores.

Verifica-se que os autores divergem quanto ao local de publicação, dada a diversidade de revistas e a baixa concentração de estudos. Apenas a European Journal of Operational Research possui algum destaque considerável na temática. Isso demonstra o quanto a área ainda está em processo de maturação, necessitando de um melhor direcionamento para ganhar visibilidade na literatura que envolve DEA. A Figura 2 exhibe a esquematização do cenário acadêmico atual para DEA e jogos olímpicos.

**Figura 2** – Rede de interação entre os autores.



Fonte: elaborado pelos autores.

As interações entre os autores, demonstradas na Figura 2, podem ser constatadas pelos diversos cruzamentos de retas orientadas e pela quantidade de orientações recebidas em cada esfera (representantes dos trabalhos da amostra, conforme indicado imediatamente acima desta). Observa-se que essa área, apesar de ainda pequena, é bastante concentrada e consistente no que se refere à fundamentação teórica. Em média, cada estudo mencionou outros cinco trabalhos da amostra, sendo Lozano et al. (2002) os autores que receberam o maior número de citação. Em seguida, surgem Lins et al. (2003) e Churilov & Flitman (2006), cada um citado 17 vezes por autores da mesma amostra. A Tabela 2 revela o ranking dos artigos mais citados.

**Tabela 2** – Ranking dos trabalhos mais citados.

Autor/ano	Nº de citações recebidas
Lozano et al. (2002)	18
Churilov e Flitman (2006)	17
Lins et al. (2003)	17
Li et al. (2008)	8
Wu, Liang e Yang (2009)	8
Wu, Liang e Chen (2009)	6
Soares de Mello et al. (2008)	5
Soares de Mello, Angulo-Meza e Silva (2009)	5

Zhang et al. (2009)	5
Wu, Zhou e Liang (2010)	3
Soares de Mello, Angulo-Meza e Lacerda (2012)	3
Wu, Liang e Wu (2008)	2
Wu e Liang (2010)	1
Shirouyehzad e Yazdani (2014)	1
Li et al. (2015)	1
Yang et al. (2009)	0
Yang et al. (2011)	0
Wu et al. (2013)	0
Lei et al. (2014)	0
Jablonsky (2018)	0

Fonte: elaborado pelos autores.

Conforme verifica-se na Tabela 2, Lozano et al. (2002), Churilov & Flitman (2006) e Lins et al. (2003) desenvolveram as obras mais citadas entre as demais da amostra. No entanto, por fatores cronológicos, pode-se inferir que Lozano et al. (2002) e Lins et al. (2003) elaboraram estudos precursores - que inovaram ao tentar atenuar problemas pouco explorados no segmento estudado. Lozano et al. (2002) consideraram os insumos do modelo clássico BCC como não discricionários (não podem ser controlados pelos países), enquanto para os outputs, fez-se uso da restrição aos pesos a fim de aumentar a validade dos resultados. Essas saídas do sistema foram tratadas de modo díspar por Lins et al. (2003), que aplicaram o modelo DEA de ganhos de soma zero (Zero Sum Gains - ZSG) para garantir que a soma dos produtos seria constante. Desde então, tem-se utilizado diferentes modelos na literatura que aborda DEA e jogos olímpicos. A Tabela 3 sintetiza essa informação e evidencia que a modelagem clássica com retornos variáveis de escala ainda é maioria.

**Tabela 3** – Modelos utilizados.

Modelo	Autores
BCC	Lozano et al. (2002) / Lins et al. (2003) / Churilov e Flitman (2006) / Li et al. (2008) / Wu, Liang e Chen (2009) / Yang et al. (2011) / Lei et al. (2014) / Li et al. (2015) / Zhang et al (2009) / Shirouyehzad e Yazdani (2014) / Soares de Mello, Angulo-Meza e Lacerda (2012)
CCR	Churilov e Flitman (2006) / Soares de Mello et al. (2008) / Soares de Mello, Angulo-Meza e Silva (2009) / Yang et al. (2009) / Wu e Liang (2010) / Wu, Zhou e Liang (2010) / Yang et al. (2011) / Wu et al. (2013)
Cross efficiency	Soares de Mello et al. (2008) / Wu, Liang e Wu (2008) / Soares de Mello, Angulo-Meza e Silva (2009) / Wu, Liang e Chen (2009) / Wu, Liang e yang (2009) / Wu e Liang (2010) / Shirouyehzad e Yazdani (2014)
DEA game	Wu, Liang e Chen (2009)
FSODEA	Yang et al. (2011)
Integer-Valued DEA	Wu, Zhou e Liang (2010)
NDEA-BCC	Li et al. (2015)
NDEA-SBM	Jablonsky (2018)
ZSG-DEA	Lins et al. (2003)

Fonte: elaborado pelos autores.

Além dos modelos clássicos já citados, conforme indicado na Tabela 3, observa-se uma utilização considerável da avaliação cruzada (Cross efficiency). A ideia central dessa técnica consiste em usar o DEA em uma avaliação por pares ao invés de um modo de autoavaliação (Wu & Liang, 2010). O Integer-Valued DEA, em contrapartida, é uma extensão do DEA implantada para avaliar as DMUs com entradas e/ou saídas inteiras. A abordagem da teoria dos jogos (DEA game), por sua vez, trata cada DMU como um competidor em um jogo não-cooperativo, enquanto o FSO DEA (Fixed-sum outputs DEA) impõe uma restrição de soma fixa no produto do sistema.

Os modelos Network DEA (NDEA) utilizados por Li et al. (2015) e Jablonsky (2018) acompanham a direção apontada por Kao (2014), que evidenciou o potencial de aplicação dessa técnica em áreas ainda inexploradas. O NDEA, ou DEA em redes, tem o objetivo de considerar a interligação dos processos internos das unidades de tomada de decisão. Kao (2014) declara que o sistema com estrutura em rede pode ser implementado em casos que toda a operação reparte-se em dois ou mais processos. Tanto Li et al. (2015) quanto Jablonsky (2018) segregaram o modelo de avaliação utilizando dois estágios.

Apesar da complexidade de algumas modelagens, muitos trabalhos na área de jogos olímpicos aplicam, ainda, outras ferramentas para complementar ou sustentar a análise. Soares de Mello et al. (2008), Wu, Liang & Yang (2009), Wu, Zhou & Liang (2010) e Jablonsky (2018), por exemplo, se inspiraram no trabalho de Lozano et al. (2002) e restringiram os pesos de seus outputs. Churilov & Flitman (2006), por outro lado, fez uso de uma técnica de mineração de dados para agrupar os países participantes em clusters homogêneos.

A análise de cluster também foi empregada por Wu, Liang & Wu (2008) para amparar a comparação de seus resultados com aqueles obtidos em estudos anteriores e selecionar as metas para os países com desempenho insatisfatório. Além desses, os estudos de Soares de Mello, Angulo-Meza & Silva (2009), Wu, Liang & Yang (2009) abordaram a análise de cluster em conjunto com a avaliação cruzada (Cross efficiency).

Essa diversificação de abordagens encontrada nos métodos de avaliação de desempenho não é acompanhada na determinação das variáveis de entrada e saída utilizadas. Os outputs, por exemplo, resumem-se a dois tipos: número de medalhas de ouro, prata e bronze (utilizado na maioria dos estudos) ou a soma ponderada dessas, abordado apenas por Yang et al. (2009) e Yang et al. (2011). Em relação aos inputs, há um pouco mais de divergência, conforme destaca a Tabela 4.

**Tabela 4** – Tipos de variáveis de *input*.

<b>Input</b>	<b>Autores</b>
Expectativa de vida ajustada por incapacidade (DALE)	Churilov e Flitman (2006) / Yang et al. (2009) / Yang et al. (2011)
Índice de igualdade de sobrevivência infantil (IECS)	Churilov e Flitman (2006) / Yang et al. (2009) / Yang et al. (2011)
Número de atletas	Shirouyehzad e Yazdani (2014) / Jablonsky (2018) / Li et al. (2015) / Soares de Mello, Angulo-Meza e Lacerda (2012)
Número de medalhas recebidas em edições anteriores	Shirouyehzad e Yazdani (2014) / Jablonsky (2018)
Número de presenças em jogos olímpicos	Shirouyehzad e Yazdani (2014)
PIB	Lozano et al. (2002) / Lins et al. (2003) / Zhang et al (2009) / Wu et al. (2013) / Jablonsky (2018)
PIB per capita	Churilov e Flitman (2006) / Li et al. (2008) / Wu, Liang e Wu (2008) / Wu, Liang e yang (2009) / Wu, Liang e Chen (2009) / Yang et al. (2009) / Wu e Liang (2010) / Wu, Zhou e Liang (2010) / Yang et al. (2011) / Wu et al. (2013) / Lei et al. (2014) / Li et al. (2015)
População	Lozano et al. (2002) / Lins et al. (2003) / Churilov e Flitman (2006) / Li et al. (2008) / Soares de Mello et al. (2008) / Wu, Liang e Wu (2008) / Wu, Liang e yang (2009) / Wu, Liang e Chen (2009) / Zhang et al (2009) / Soares de Mello, Angulo-Meza e Silva (2009) / Yang et al. (2009) / Wu e Liang (2010) / Wu, Zhou e Liang (2010) / Yang et al. (2011) / Wu et al. (2013) / Lei et al. (2014) / Li et al. (2015) / Jablonsky (2018) / Soares de Mello, Angulo-Meza e Lacerda (2012)

Fonte: elaborado pelos autores.

A segregação entre as variáveis PIB e PIB per capita, na Tabela 4, advém das duas perspectivas de uso explicadas por Lins et al. (2003). Os autores destacaram que um país com um grande PIB per capita e uma pequena população poderia ter pessoas ricas o suficiente, mas não investimentos suficientes em esportes. Em outra perspectiva, uma nação com um PIB per capita reduzido, mas com um PIB total alto, poderia ter mais recursos para investir em esportes, embora seus habitantes sejam mais pobres (LINS et al., 2003).

Outra variável a ser frisada é o número de atletas, que quando utilizada por Li et al. (2015) e Jablonsky (2018) possuiu caráter intermediário. Em outras palavras, funcionou como output para o primeiro estágio e input para segundo estágio, uma vez que os autores optaram pelo uso do modelo com estrutura em rede de dois estágios. Quanto ao direcionamento desses e demais modelos utilizados, assume-se predominantemente a orientação aos outputs. Isso porque o grande objetivo dos países é aumentar o número de medalhas conquistadas, mantendo os recursos dispendidos para isso constantes.

## 5. Considerações finais

A pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho teve como foco trabalhos que utilizaram DEA especificamente em jogos olímpicos. As informações obtidas foram analisadas sistematicamente e proporcionaram quantificações acerca das modelagens e variáveis mais utilizadas. Esse processo contribuiu para uma compreensão mais apurada do ambiente de produção da literatura acadêmica com essa temática.

Convém afirmar que a área pesquisada permanece em desenvolvimento, contudo ainda há uma dependência da realização de novas edições de jogos olímpicos para inovar no método de avaliação de desempenho. Nesse contexto, identificou-se, mais recentemente, a aplicação do modelo DEA estruturado em redes, o qual demonstrou potencial para conduzir pesquisas futuras. Ademais, verificou-se que há baixa oscilação entre as variáveis adotadas, principalmente em relação às saídas do sistema. Logo, os estudos buscam diferenciação por meio das modelagens desenvolvidas e/ou implementadas.

Embora os modelos clássicos tenham sua aplicabilidade e contribuição firmadas na literatura, sugere-se que o uso de técnicas mais avançadas, como o NDEA, seja cada vez mais difundido entre os autores. Trabalhos futuros devem atentar para ferramentas de avaliação como essa, mas também buscar captar os efeitos do tempo (ou de uma determinada política) sobre o objeto de estudo, como uma avaliação entre edições dos jogos. Isso reflete o objetivo comum de representar mais fidedignamente a realidade e de fundamentar a tomada de decisão de forma mais eficaz. Assim, verifica-se a necessidade de remodelar e implantar novas estratégias de direcionamento de recursos, a fim de obter melhores índices de eficiência em jogos olímpicos.

## Referências

Churilov, L., & Flitman, A. (2006). Towards fair ranking of Olympics achievements: The case of Sydney 2000. *Computers & Operations Research*, 33(7), 2057-2082.

Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.

Jablonsky, J. (2018). Ranking of countries in sporting events using two-stage data envelopment analysis models: a case of Summer Olympic Games 2016. *Central European Journal of Operations Research*, 26(4), 951-966.

- Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: A review. *European journal of operational research*, 239(1), 1-16.
- Lampe, H. W., & Hilgers, D. (2015). Trajectories of efficiency measurement: A bibliometric analysis of DEA and SFA. *European Journal of Operational Research*, 240(1), 1-21.
- Lei, X., Li, Y., Xie, Q., & Liang, L. (2015). Measuring Olympics achievements based on a parallel DEA approach. *Annals of Operations Research*, 226(1), 379-396.
- Li, Y., Lei, X., Dai, Q., & Liang, L. (2015). Performance evaluation of participating nations at the 2012 London Summer Olympics by a two-stage data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 243(3), 964-973.
- Li, Y., Liang, L., Chen, Y., & Morita, H. (2008). Models for measuring and benchmarking Olympics achievements. *Omega*, 36(6), 933-940.
- Lins, M. P. E., Gomes, E. G., de Mello, J. C. C. S., & de Mello, A. J. R. S. (2003). Olympic ranking based on a zero sum gains DEA model. *European Journal of Operational Research*, 148(2), 312-322.
- Liu, J. S., Lu, L. Y., Lu, W. M., & Lin, B. J. (2013). A survey of DEA applications. *Omega*, 41(5), 893-902.
- Liu, J. S., Lu, L. Y., & Lu, W. M. (2016). Research fronts in data envelopment analysis. *Omega*, 58, 33-45.
- Lozano, S., Villa, G., Guerrero, F., & Cortés, P. (2002). Measuring the performance of nations at the Summer Olympics using data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 53(5), 501-511.
- Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo-Meza, L., & Branco da Silva, B. P. (2009). A ranking for the Olympic Games with unitary input DEA models. *IMA Journal of Management Mathematics*, 20(2), 201-211.

Soares de Mello, J. C. C. B., Gomes, E. G., Meza, L. A., & Neto, L. B. (2008). Cross evaluation using weight restrictions in unitary input DEA models: Theoretical aspects and application to Olympic Games ranking. *WSEAS Transactions on Systems*, 7(1), 31-39.

Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo-Meza, L., & Lacerda, F. G. (2012). A dea model with a non discretionary variable for olympic evaluation. *Pesquisa Operacional*, 32(1), 21-30.

Shirouyehzad, H., & Yazdani, F. (2014). Performance evaluation and ranking of participation Asian countries in 2012 London Olympic Games through Data Envelopment Analysis. *Journal of Data Envelopment Analysis and Decision Science*, 2014, 1-11.

Wu, H., Chen, B., Xia, Q., & Zhou, H. (2013). Ranking and benchmarking of the Asian games achievements based on DEA: The case of Guangzhou 2010. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 30(06), 1350028.

Wu, J., & Liang, L. (2009). Cross-efficiency evaluation approach to Olympic ranking and benchmarking: the case of Beijing 2008. *International Journal of Applied Management Science*, 2(1), 76-92.

Wu, J., Liang, L., & Chen, Y. (2009). DEA game cross-efficiency approach to Olympic rankings. *Omega*, 37(4), 909-918.

Wu, J., Liang, L., Wu, D., & Yang, F. (2008). Olympics ranking and benchmarking based on cross efficiency evaluation method and cluster analysis: the case of Sydney 2000. *International Journal of Enterprise Network Management*, 2(4), 377-392.

Wu, J., Liang, L., & Yang, F. (2009). Achievement and benchmarking of countries at the Summer Olympics using cross efficiency evaluation method. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 722-730.

Wu, J., Zhou, Z., & Liang, L. (2010). Measuring the performance of nations at Beijing Summer Olympics using integer-valued DEA model. *Journal of Sports Economics*, 11(5), 549-566.

Yang, F., Ling, L., Gou, Q., & Wu, H. (2009, December). Olympics performance evaluation and competition strategy based on data envelopment analysis. In 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering (pp. 1-4). IEEE.

Yang, F., Wu, D. D., Liang, L., & O'Neill, L. (2011). Competition strategy and efficiency evaluation for decision making units with fixed-sum outputs. *European Journal of Operational Research*, 212(3), 560-569.

Zhang, D., Li, X., Meng, W., & Liu, W. (2009). Measuring the performance of nations at the Olympic Games using DEA models with different preferences. *Journal of the Operational Research Society*, 60(7), 983-990.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Wallace Giovanni Rodrigues do Valle – 75%

Mariana Rodrigues de Almeida – 15%

Alessandro Jackson Teixeira de Lima – 10%