

# Identificação das Potências Olímpicas dos Jogos Olímpicos de 2016 Utilizando o Conceito de Núcleo h

Juliana de Castro Reis \*

Bruno Guimarães Torres \*\*

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello \*\*\*

---

## Resumo

Desde a criação dos Jogos Olímpicos, os meios de comunicação criam *rankings* para avaliar a participação dos países. Apesar de não existir um *ranking* oficial, o método lexicográfico é o mais utilizado. O objetivo deste estudo é apresentar uma forma alternativa para avaliar a performance dos países. O interesse aqui não é gerar um *ranking* final, e sim identificar as potências olímpicas, de acordo com a quantidade de vezes que um país ocupa as primeiras colocações de cada modalidade. Como a noção de “primeiras colocações” varia de acordo com o decisor, utilizou-se os conceitos de índice h e núcleo h. A metodologia foi aplicada aos Jogos Olímpicos de 2016, que apresentou um índice h igual a 5 e 5 potências olímpicas: Reino Unido, Estados Unidos, China, Rússia e Alemanha. Sua principal contribuição é considerar que as medalhas conquistadas em modalidades diferentes têm importâncias diferentes, pois há mais possibilidades de ganhar uma medalha em certas modalidades com muitas provas.

**Palavras-chave:** Rankings olímpicos. Índice h. Núcleo h.

---

\* Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF); E-mail: juliana.dcreis@gmail.com.

\*\* Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF); E-mail: brunogtorres@hotmail.com.

\*\*\* Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Chefe do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF); E-mail: jcsmello@gmail.com.

## 1. Introdução

Os Jogos Olímpicos Modernos, criados em 1896 pelo Barão de Coubertin, se inspiraram nos jogos antigos da Grécia, onde coroas de louros eram distribuídas aos seus campeões (WALLECHINSKY, 2004). No entanto, o foco nas conquistas individuais dos atletas, que era característica dos jogos antigos, se tornou cada vez menor enquanto a importância e relevância da nacionalidade dos participantes foi mais evidenciada (LINS et al., 2003). Tanto que, em determinados momentos históricos, os Jogos serviram para tentar reafirmar o poder de uma nação sobre a outra, como na Guerra Fria.

Apesar de possuir um caráter nacionalista, o Comitê Olímpico Internacional (COI) nunca publicou um *ranking* oficial dos países participantes. No site do COI (COMITÊ OLÍMPICO INTERNACIONAL, 2017), os resultados de cada evento podem ser consultados apenas por modalidade olímpica. A mídia, porém, usualmente divulga um *ranking* utilizando o método lexicográfico, como explicado em Lins et al. (2003), onde os países são ordenados de acordo com a quantidade total de medalhas de ouro obtidas, e somente no caso de empate, as medalhas de prata e bronze são consideradas.

Esse *ranking* não oficial é simples e de fácil entendimento, entretanto não trata adequadamente o caso de países que ganharam um grande número de medalhas de prata e bronze, mas nenhuma medalha de ouro. Além disso, privilegia países que são melhores em modalidades que possuem muitas provas e distribuem muitas medalhas, como atletismo e natação.

Por estas e outras razões, esse *ranking*, apesar de bastante difundido, não é uma unanimidade, e diversos outros métodos de classificação foram propostos, tanto para Jogos Olímpicos como para outras competições multimodalidades. Muitos autores utilizaram os conceitos de Análise Envoltória de Dados (DEA) para propor um novo *ranking*, com uma grande variação de modelos (BENICIO; BERGIANTE; SOARES, 2013; CHURILOV; FLITMAN, 2006; HAI, 2007; LEI et al., 2014; LI et al., 2008, 2015; LINS et al., 2003; LOZANO et al., 2002; MARINHO; ALMEIDA; CARDOSO, 2016; SOARES DE MELLO et al., 2008; SOARES DE MELLO; ANGULO-MEZA; BRANCO DA SILVA, 2008; SOARES DE MELLO; ANGULO-MEZA; LACERDA, 2012; WU, H. et al., 2013; WU, J. et al., 2008; WU, J.; LIANG, 2010; WU, J.; LIANG; CHEN, 2009; WU, J.; LIANG; YANG, 2009; WU, J.; ZHOU; LIANG, 2010; YANG et al., 2009; ZHANG, D. et al., 2009). Na literatura, também são

encontrados trabalhos que utilizam Auxílio Multicritério a Decisão (GOMES JÚNIOR; SOARES DE MELLO; ANGULO MEZA, 2014; LACERDA et al., 2011; SAATY, 2008; SITARZ, 2012; SOARES DE MELLO; BERGIANTE, 2012), conceitos de Economia (TCHA; PERSHIN, 2003), de Matemática (SITARZ, 2013) e outros (WANG; CHEN; LIU, 2011).

Em outra vertente, Soares de Mello, Ângulo Meza e Branco da Silva (2008) utilizaram pesos diferentes para as modalidades da competição, a fim de considerar que medalhas conquistadas em modalidades diferentes não têm o mesmo valor. De fato, os *rankings* citados anteriormente não levavam em conta que em alguns esportes há mais eventos do que em outros, e assim mais possibilidades de ganhar medalhas. Nesse mesmo sentido, Gomes Júnior, Soares de Mello e Angulo Meza (2014) propõem uma metodologia multicritério onde dividem a competição em *clusters*, calculam o *ranking* de cada cluster e utilizam o Método de Borda para agregar todos os *rankings* obtidos.

No presente estudo, o objetivo não é a criação de um novo *ranking* e sim a identificação das potências olímpicas dos Jogos Olímpicos Rio 2016. Potências olímpicas são os países que se destacam em uma grande variedade de modalidades e que, por isso, podem ser considerados os grandes campeões no quadro geral da competição.

O conceito de potência olímpica leva em conta o número de vezes que determinado país ocupa as primeiras colocações do *ranking* de cada modalidade. Assim, há de se estipular uma nota de corte para definir quais e quantos países daqueles que possuem atletas campeões são realmente potências olímpicas. Para evitar qualquer julgamento subjetivo, foram utilizados os conceitos de índice h (HIRSCH, 2005) e núcleo h (GLÄNZEL, 2012).

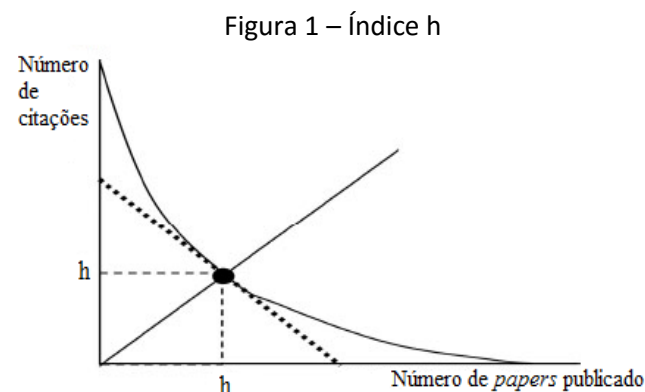
As vantagens da utilização do índice h e do núcleo h estão no fato de serem simples de calcular e de fácil entendimento. O método de agregação das modalidades utilizando o índice h também beneficia os países que possuem uma maior diversidade na distribuição de seus atletas campeões.

O índice h é comumente utilizado para avaliar pesquisadores quanto a sua produtividade e quanto ao impacto das suas publicações, enquanto o núcleo h define quais são as principais publicações daquele autor. Assim, uma das principais contribuições deste estudo é o benefício teórico de mostrar a aplicabilidade de uma ferramenta desenvolvida inicialmente para bibliometria, em outras áreas de avaliação.

O presente artigo está organizado como segue. Na seção 2 são apresentados os conceitos de índice h e núcleo h. A metodologia proposta é detalhada na seção 3, e na seção 4 é apresentada uma breve descrição dos Jogos Olímpicos de 2016 e a análise dos resultados obtidos. Por fim, na seção 5 estão descritas as conclusões do estudo e algumas considerações finais.

## 2. Índice h e núcleo h

O índice h foi criado por Hirsch (2005), e é normalmente utilizado para avaliar pesquisadores quanto às suas publicações. É obtido de forma a se encontrar o maior valor h de publicações que possuem h citações, enquanto as outras publicações do autor possuem menos de h citações, conforme ilustrado na figura 1.



No gráfico apresentado na figura 1 as publicações estão representadas em ordem decrescente de citações, o índice h é obtido quando os valores de número de citações e publicações é igual. Esse valor também pode ser encontrado através de uma reta de 45 graus partindo da origem, que é a bissetriz do quadrante apresentado.

Um exemplo do cálculo do índice h para determinado pesquisador é apresentado na tabela 1, onde suas publicações estão listadas em ordem decrescente de citações. O índice h é dado pela última posição no *ranking* de publicações em que o seu número de citações é maior ou igual ao valor de sua posição. No caso apresentado, o índice h deste pesquisador é igual a 9, pois possui 9 publicações com pelo menos 9 citações cada.

Tabela 1 – Exemplo de Cálculo do índice h

<i>Ranking</i> de publicações	Número de citações
1	103
2	87
3	52
4	40
5	39
6	21
7	12
8	11
9	9
10	6
11	5
12	2

Fonte: Os autores (2017).

Desde sua primeira aparição, o índice h foi alvo de muita discussão (BALL, 2007; BORNMANN; DANIEL, 2007; ROUSSEAU; GARCÍA-ZORITA; SANZ-CASADO, 2013). Entre suas vantagens, destacam-se o fato de agregar em um só indicador valores relacionados ao impacto e a produtividade (FRANCESCHINI; MAISANO, 2010); a sua simplicidade, pois o cálculo pode ser feito rapidamente; a sua robustez, porque é difícil de se alterar e erros nas pontas da distribuição não alteram o índice (VANCLAY, 2007; ZHANG, L.; GLÄNZEL; YE, 2015); e sua falta de arbitrariedade (GLÄNZEL, 2012).

O índice h possui várias aplicações, e poder ser usado para diversas relações entre dois itens distintos (ROUSSEAU, 2006b; ZHANG, L.; GLÄNZEL; YE, 2015). Além dos estudos realizados na área acadêmica não centrados em avaliação de autores (BAUM, 2013; BRAUN; GLÄNZEL; SCHUBERT, 2006), outras aplicações podem ser observadas, como em artigos sobre ciência molecular (HU; ROUSSEAU, 2014), grafos (LÜ et al., 2016) e esportes (CONSTANT et al., 2016).

Conjuntamente com o índice h, surge o conceito de núcleo h. O núcleo h é composto pelas publicações (ou quaisquer itens) que possuem número de citações (ou relações) igual ou maior que o índice h de seu autor, reduzindo a arbitrariedade na escolha dos principais itens daquele determinado sujeito (GLÄNZEL, 2012).

É possível que haja itens com número de relações iguais para um determinado autor, e caso esse empate ocorra no valor h do índice, há a possibilidade do núcleo h possuir

mais itens do que o valor do índice  $h$ . Burrell (2007) propôs que todos os itens empatados se incorporem ao núcleo  $h$ , entretanto Rousseau (2006a), Pereira et al. (2015) e Ruane e Tol (2008) apresentaram métodos para realizar o desempate.

Índices  $h$  sucessivos também podem ser calculados para diversos fins. Prathap (2006) propôs o cálculo do índice  $h$  do índice  $h$  de autores, para encontrar os principais autores de certo departamento, enquanto Schubert (2007) calculou índices  $h$  sucessivos de acordo com níveis distintos de agregação.

Percebe-se que há um grande interesse pelo assunto (ROUSSEAU et al., 2013). Tanto que diversos outros índices foram propostos para tentar corrigir algumas desvantagens causadas pelo índice  $h$  (EGGHE, 2006; JIN et al., 2007; ROUSSEAU, 2006a; RUANE; TOL, 2008; YAN; WU; LI, 2016); alguns deles relacionados ao núcleo  $h$  (BHARATHI, 2013; EGGHE; ROUSSEAU, 2008). Porém nenhum desses novos índices obteve a aderência do índice  $h$ , sendo este o único calculado automaticamente para pesquisadores em bases como a SCOPUS e a WoS.

A metodologia proposta na seção 3 utiliza o índice  $h$  e o núcleo  $h$  para identificação das potências olímpicas, propõe o *ranking* lexicográfico a fim de se evitar empates no núcleo e utiliza um método de agregação das modalidades com sucessivos índices  $h$ , de forma inovadora.

### 3. Metodologia proposta

A finalidade da metodologia proposta neste estudo é apresentar uma forma alternativa para avaliar a performance dos países em jogos olímpicos, ou em outras competições que tenham a mesma estrutura.

Existem dois tipos básicos de avaliação da performance dos países em competições. O primeiro deles avalia os resultados obtidos levando em conta os meios ou recursos que o país dispunha, tais como PIB (Produto Interno Bruto), população ou número de atletas. Esse tipo de avaliação é normalmente realizado utilizando um modelo DEA clássico, como pode ser visto por exemplo em Soares de Mello et al. (2008); Wu, J. e Liang (2010); Wu et al. (2013); Lei et al. (2014); e Marinho, Almeida e Cardoso (2016).

Outros estudos, no entanto, consideram apenas a performance absoluta, ou seja, consideram apenas as medalhas conquistadas por cada país na competição, sem avaliar o seu

potencial produtivo. Exemplos desse tipo de avaliação são o Método Lexicográfico, utilizado pelo COI; a soma total das medalhas conquistadas, utilizada por alguns meios de comunicação para gerar rankings não oficiais; os Métodos Multicritério, apresentados em Gomes Júnior, Soares de Mello e Angulo Meza (2014); Lacerda et al. (2011); Saaty (2008); Sitarz (2012) e Soares de Mello e Bergiante (2012); DEA com input unitário, utilizado por Soares de Mello, Ângulo Meza e Branco da Silva (2008) e Yang et al. (2009); e o índice h, proposto neste artigo.

Nesse sentido, o Método Lexicográfico avalia o desempenho de cada país nos Jogos apenas pelo total de medalhas de ouro obtidas, sem se preocupar em que modalidades as medalhas foram conquistadas. Já a metodologia proposta neste artigo, leva em consideração os resultados do país em cada modalidade.

Diferentemente de em outros estudos citados anteriormente, o interesse aqui não é gerar um *ranking* final. O objetivo principal é identificar as potências olímpicas, ou seja, os países que podem ser considerados os grandes campeões no quadro geral da competição. Uma potência olímpica é o país que, em uma edição dos Jogos, obtém bons resultados em várias modalidades da competição. E uma potência olímpica ao longo do tempo é aquele país que, consistentemente, obtém bom desempenho em várias modalidades e em várias edições dos Jogos.

O conceito de potência olímpica leva em consideração a quantidade de vezes que determinado país ocupa as primeiras colocações do *ranking* de cada modalidade. No entanto, outra questão deve ser levantada nesse momento: o que é considerado “primeiras colocações” do *ranking*?

Para determinado decisor pode ser importante destacar os dez primeiros colocados do *ranking*; para um outro decisor, os cinco primeiros merecem destaque; ou ainda para um terceiro, mais rigoroso, apenas as três primeiras colocações devem ser consideradas. Ficar dependente do julgamento subjetivo de um decisor pode trazer complicações.

Para evitar este problema de subjetividade, utilizou-se o índice h e, principalmente, o conceito de núcleo h, para quantificar o desempenho dos países na competição, onde o importante neste momento não é a ordenação estabelecida pelo índice, mas sim o número de países considerados no núcleo h e que países são esses.

Com essa proposta espera-se contornar uma das críticas relacionadas aos métodos de classificação utilizados em competições. Esses métodos não consideram que as medalhas

conquistadas em esportes diferentes podem ter valor diferente, ou seja, que as várias modalidades podem ter importâncias diferentes. Isso porque que em algumas modalidades há mais eventos do que em outras, e assim mais possibilidades de ganhar uma medalha de ouro. Por exemplo, enquanto no atletismo os atletas competem por 47 medalhas de ouro, sendo possível que o mesmo atleta ganhe mais de uma, no futebol as equipes disputam apenas 2 medalhas, uma feminina e uma masculina.

Assim, para contemplar as diferenças de valor das medalhas conquistadas em diferentes esportes, primeiramente são identificadas as potências de cada modalidade para, em seguida, agregar as modalidades e encontrar as potências da competição, ou potências olímpicas.

A metodologia proposta pode ser dividida em duas etapas. A primeira etapa consiste na identificação do núcleo  $h$  para cada modalidade dos jogos olímpicos. Para realizar essa identificação pode ser feita uma analogia onde uma modalidade olímpica passa a ser equivalente a um autor, os países competidores se equivalem aos artigos publicados e a quantidade de medalhas se equivale ao número de citações. Ou seja, um autor fictício, que possui 10 publicações, cada uma com a quantidade de citações demonstrada na tabela 2, possui um índice  $h$  igual a 5, o que significa que suas cinco publicações mais citadas fazem parte do seu núcleo  $h$  e são suas principais publicações. Se esse autor fosse uma modalidade, cada publicação um país, e cada citação, uma medalha de ouro obtida por esse país, os cinco primeiros países com mais medalhas, estariam no núcleo  $h$  dessa modalidade, que representaria as potências nesse esporte.

Tabela 2 – Exemplo de citações para um autor fictício

<i>Ranking</i> de publicações	Número de citações
1	97
2	51
3	30
4	9
5	8
6	3
7	3
8	2
9	1
10	1

Fonte: Os autores (2017).

Dessa forma, o núcleo h de cada modalidade é calculado de acordo com os seguintes passos:

1. Somam-se as medalhas de ouro que cada país recebeu em determinada modalidade;
2. Os países são organizados em ordem decrescente de medalhas de ouro;
3. Calcula-se o índice h da modalidade, que será o número h de países que conquistaram pelo menos h medalhas de ouro;
4. Selecionar os países integrantes do núcleo h da modalidade em questão.

Cabe ressaltar que nessa etapa foi utilizado o método lexicográfico, onde somente as medalhas de ouro que o país recebeu em determinada modalidade são levadas em consideração, e as demais medalhas são utilizadas apenas como critério de desempate. Ou seja, se houver empate utiliza-se o número de medalhas de prata e, se persistir o empate, serão consideradas as medalhas de bronze.

Na segunda etapa, são determinadas as potências olímpicas da competição, agregando as potências de cada modalidade por meio da mesma lógica da primeira etapa. Em resumo, a identificação das potências segue os seguintes passos:

1. Determina-se quantas vezes cada país fez parte do núcleo h de uma modalidade;
2. Elabora-se uma lista de países em ordem decrescente de quantidade vezes em que aparecem no núcleo h;
3. Calcula-se o índice h, mas dessa vez da própria competição em questão, ou seja, o índice h dos núcleos h. Neste caso, o índice h será o número h de países que apareceram no núcleo h de uma modalidade pelo menos h vezes;
4. Finalmente, os países que constituem esse núcleo h são as chamadas potências olímpicas para esta edição dos Jogos Olímpicos.

É importante enfatizar que o índice h não exige o uso de equações matemáticas para seu cálculo. Este é um método simples, baseado em ordenação e contagem, e essa é uma das razões para seu sucesso.

#### **4. Os Jogos Olímpicos de 2016**

##### **4.1. Sobre os Jogos**

Os Jogos Olímpicos de 2016 aconteceram entre os dias 05 e 21 de agosto, na cidade do Rio de Janeiro. Com a realização das Olimpíadas, cresceram as expectativas quanto a

melhorias no mercado de trabalho, na infraestrutura, no aumento do interesse esportivo e no legado social (RIBEIRO; SOARES; DA COSTA, 2014). Porém, foi visto uma preparação incorreta, priorizando ações de interesse do mercado e deixando de lado questões como direitos humanos e meio ambiente (MATIAS; MASCARENHAS, 2015). Além disso, o fato do país passar por uma crise econômica desde que foi eleito como sede dos jogos, fez surgir críticas e divergências quanto a sua realização (SANDY, 2016).

Ao todo, 207 países participaram do evento, trazendo um total de 11.237 atletas, para competir em 39 modalidades diferentes. Cada modalidade pode englobar diversas provas, femininas e masculinas, com a distribuição de várias medalhas (COMITÊ OLÍMPICO INTERNACIONAL, 2017).

As modalidades presentes na competição, segundo o Comitê Olímpico Internacional (2017), foram: atletismo, badminton, basquete, boxe, canoagem slalon, canoagem velocidade, ciclismo BMX, ciclismo de estrada, ciclismo de *mountain bike*, ciclismo de pista, esgrima, futebol, ginástica artística, ginástica de trampolim, ginástica rítmica, golfe, *handebol*, hipismo, *hóquei* sobre grama, judô, levantamento de peso, luta olímpica, maratona aquática, nado sincronizado, natação, pentatlo moderno, polo aquático, remo, rugby de 7, saltos ornamentais, *taekwondo*, tênis, tênis de mesa, tiro com arco, tiro esportivo, triatlo, vela, vôlei de praia e voleibol. Vale destacar que essa divisão por modalidades pode ser subjetiva, diferentes métodos ou diferentes autores utilizam diferentes agrupamentos (WALLECHINSKY, 2004). Para este artigo, optou-se por utilizar a classificação do COI por representar as modalidades oficiais da competição.

Os Estados Unidos terminaram os Jogos com a maioria das medalhas de ouro (46) e com o maior número de medalhas no geral (121), seguido por Reino Unido e China. O Brasil ganhou 7 medalhas de ouro e 19 no total, sendo este o maior número de medalhas conquistadas pelo país na história das Olimpíadas.

#### **4.2. Análise dos resultados**

A metodologia descrita na seção 3 foi aplicada aos Jogos Olímpicos de 2016, considerando o resultado de medalhas oficial para cada modalidade, divulgado pelo Comitê Olímpico Internacional.

Na primeira etapa da metodologia, para cada modalidade, somou-se as medalhas de ouro conquistadas por cada país. Os países foram, então, listados em ordem decrescente de medalhas, formando um *ranking*. Assim, foi possível calcular o índice h de cada modalidade e identificar os países que fizeram parte do núcleo h.

A Tabela 3 apresenta o *ranking* para a modalidade de Atletismo, onde a primeira coluna contém a sigla utilizada para identificar o país. A segunda, terceira e quarta colunas apresentam, respectivamente, o somatório de medalhas de ouro, de prata e de bronze conquistadas pelo país. Por fim, a quinta coluna indica a posição do *ranking* ocupada pelo país nesta modalidade, de acordo com o total de medalhas de ouro.

Analisando a Tabela 3 é possível concluir que o índice h da modalidade de Atletismo foi igual a 3, porque apenas 3 países obtiveram 3 ou mais medalhas de ouro. Dessa forma, o núcleo h dessa modalidade é composto por esses 3 países, sendo eles Estados Unidos, Quênia e Jamaica. Nesse caso, por exemplo, o índice h seria igual a 4 se a China, que é o quarto país do *ranking*, tivesse quatro ou mais medalhas de ouro, o que faria que o país também entrasse para o núcleo h do Atletismo.

Nessa modalidade, o Brasil aparece na décima quinta posição do *ranking*, com apenas uma medalha de ouro.

Tabela 3 – Resultado do índice h e núcleo h para Atletismo

País	Ouro	Prata	Bronze	Ranking
USA	13	10	9	1
KEN	6	6	1	2
JAM	6	3	2	3
CHN	2	2	2	4
RSA	2	2	0	5
GBR	2	1	4	6
CRO	2	0	1	7
GER	2	0	1	7
ETH	1	2	5	9
CAN	1	1	4	10
POL	1	1	1	11
BRN	1	1	0	12
ESP	1	1	0	12
BAH	1	0	1	14
BEL	1	0	0	15
BRA	1	0	0	15
COL	1	0	0	15

GRE	1	0	0	15
SVK	1	0	0	15
TJK	1	0	0	15
FRA	0	3	3	21
ALG	0	2	0	22
NZL	0	1	3	23
AUS	0	1	1	24
JPN	0	1	1	24
BDI	0	1	0	26
BLR	0	1	0	26
BUL	0	1	0	26
DEN	0	1	0	26
GRN	0	1	0	26
MEX	0	1	0	26
NED	0	1	0	26
QAT	0	1	0	26
VEN	0	1	0	26
CUB	0	0	1	35
CZE	0	0	1	35
HUN	0	0	1	35
KAZ	0	0	1	35
SRB	0	0	1	35
TTO	0	0	1	35
TUR	0	0	1	35
UKR	0	0	1	35

Fonte: Os autores (2017).

Da mesma forma, na Tabela 4 é apresentado o *ranking* para a modalidade de Natação. Seguindo os mesmos passos, observa-se que o índice *h* dessa modalidade também foi igual a 3, onde 3 países obtiveram 3 ou mais medalhas de ouro. Dessa vez, Estados Unidos, Austrália e Hungria são os países que compõem o núcleo *h*.

O Brasil não ganhou nenhuma medalha em Natação e, por isso, não aparece no *ranking* dessa modalidade.

Tabela 4 – Resultado do índice *h* e núcleo *h* para Natação

País	Ouro	Prata	Bronze	Ranking
USA	16	8	9	1
AUS	3	4	3	2
HUN	3	2	2	3
JPN	2	2	3	4
GBR	1	5	0	5
CHN	1	2	3	6

CAN	1	1	4	7
SWE	1	1	1	8
ITA	1	0	2	9
DEN	1	0	1	10
ESP	1	0	1	10
KAZ	1	0	0	12
SIN	1	0	0	12
RSA	0	3	0	14
RUS	0	2	2	15
FRA	0	2	0	16
BEL	0	1	0	17
BLR	0	0	1	18

Fonte: Os autores (2017).

Dentre as 39 modalidades presentes nos Jogos Olímpicos 2016, Atletismo (Tabela 3) e Natação (Tabela 4) foram as que obtiveram o maior índice h. Ambas alcançaram um índice h igual a 3 e 3 países no núcleo h, conforme destacado em vermelho nas respectivas tabelas. Essas modalidades são conhecidas por terem muitas provas e distribuir muitas medalhas; no Atletismo foram 47 medalhas de ouro distribuídas e na Natação, 33. Mostrando, assim, que modalidades com maior número de medalhas tendem a ter índice h maior.

Mesmo utilizando as medalhas de prata e bronze como critério de desempate, ainda ocorreram empates no núcleo de 12 modalidades. Nos casos de empate, onde os países apresentaram o mesmo número de medalhas de ouro, prata e bronze, todos os países empatados foram considerados integrantes do núcleo h.

Após ter calculado o índice h e o núcleo h de cada modalidade, na segunda etapa da metodologia verificou-se quantas vezes cada país apareceu como integrante do núcleo h de alguma modalidade. Em seguida, os países foram listados em ordem decrescente de ocorrência, gerando um *ranking*, apresentado na Tabela 5.

Na Tabela 5, a primeira e a segunda coluna contêm, respectivamente, o nome do país e a sigla utilizada para identificá-lo. A terceira coluna apresenta a quantidade de vezes que o país apareceu no núcleo h de alguma modalidade e, a quarta coluna, indica a posição do *ranking* ocupada pelo país na metodologia proposta. Por fim, a quinta coluna, indica a posição do *ranking* quando considerado apenas o Método Lexicográfico.

Tabela 5 – Resultado do índice h e núcleo h para os Jogos Olímpicos de 2016

País	Sigla	Nº de vezes que aparece no núcleo h de uma modalidade	Ranking com índice h	Ranking lexicográfico
Reino Unido	GBR	9	1	2
Estados Unidos	USA	7	2	1
China	CHN	6	3	3
Rússia	RUS	6	3	4
Alemanha	GER	5	5	5
Hungria	HUN	3	6	12
Holanda	NED	3	6	11
Coreia	KOR	3	6	8
Austrália	AUS	3	6	10
França	FRA	2	10	7
Japão	JPN	2	10	6
Brasil	BRA	2	10	13
Quênia	KEN	1	13	15
Jamaica	JAM	1	13	16
Uzbequistão	UZB	1	13	21
Cuba	CUB	1	13	18
Eslováquia	SVK	1	13	37
Suíça	SUI	1	13	24
Suécia	SWE	1	13	29
Bielorrússia	BLR	1	13	40
Canadá	CAN	1	13	20
Dinamarca	DEN	1	13	28
Argentina	ARG	1	13	27
Tailândia	THA	1	13	35
Sérvia	SRB	1	13	32
Nova Zelândia	NZL	1	13	19
Fiji	FIJ	1	13	54
Itália	ITA	1	13	9

Fonte: Os autores (2017).

Dos 207 países participantes dos Jogos Olímpicos de 2016, 28 países fizeram parte do núcleo h de alguma modalidade pelo menos uma vez, e estão listados na Tabela 5.

Observa-se que o índice h desta competição foi igual a 5, isso significa dizer que 5 países foram integrantes do núcleo h de 5 ou mais modalidades. Por fim, o núcleo h dos Jogos Olímpicos de 2016 é composto por 5 países, considerados as potências olímpicas da competição, são eles: Reino Unido, Estados Unidos, China, Rússia e Alemanha.

O Brasil apareceu no núcleo h de apenas 2, vôlei de praia e voleibol. E no *ranking* final da competição ficou em décimo lugar, empatado com França e Japão.

Ao comparar a ordenação dos países pelo método proposto e pelo Método Lexicográfico, nota-se que não houve muita diferença para os países do núcleo h, considerados as potências olímpicas. Nesse caso, houve apenas uma troca de posições entre Reino Unido e Estados Unidos, na primeira e segunda colocações.

Porém, para os países abaixo do núcleo h percebe-se algumas diferenças significativas. O Brasil, por exemplo, variou em três posições, passando da 10ª posição no método proposto para a 13ª no Método Lexicográfico.

A maior diferença foi observada no caso de Fiji, que saiu da 13ª no método proposto para a 54ª no Método Lexicográfico, variando em 41 posições no *ranking*. Em seguida aparecem Bielorrússia, Eslováquia e Tailândia, com uma variação de 27, 24 e 22 posições, respectivamente.

No entanto, vale ressaltar que não há questões de superioridade entre o Método Lexicográfico, utilizado pelo COI, e o método proposto neste artigo, que utiliza o índice h. Um método não é melhor que o outro, apenas são propostas diferentes com objetivos diferentes. O primeiro método avalia o número total de medalhas de ouro conquistadas por cada país ao final do evento. Já o segundo, tem o objetivo de avaliar a consistência dos países nas várias modalidades da competição.

## 5. Conclusões

O estudo apresentou uma forma alternativa para avaliar a performance dos países em jogos olímpicos, ou em outras competições que tenham a mesma estrutura, através da identificação das potências olímpicas, levando em consideração a quantidade de vezes que o país foi considerado integrante do núcleo h de uma modalidade esportiva.

A utilização do conceito de índice h permitiu eliminar a necessidade de se determinar quantos países deveriam ser considerados potências, acabando, assim, com qualquer julgamento subjetivo do decisor.

A metodologia proposta considera que as medalhas conquistadas em modalidades diferentes não têm o mesmo valor. Isso é necessário porque há mais possibilidades de

ganhar uma medalha de ouro em determinadas modalidades que possuem muitas provas ou categorias diferentes.

É dada a mesma importância a cada modalidade e não a cada medalha; já que para o método proposto, o importante não é o número de medalhas conquistadas, mas a posição do país no núcleo  $h$ . Dessa maneira, ao determinar o núcleo  $h$  de cada modalidade, tem-se uma homogeneização das modalidades, de forma que a avaliação final passa a não depender da quantidade de medalhas que cada modalidade distribui.

Assim, pode-se dizer que a classificação dos países proposta neste trabalho equipara os países que ganham medalhas em esportes que distribuem um grande número de medalhas de ouro (por exemplo, atletismo, natação ou ginástica) e os países que ganham medalhas em esportes de equipe (como basquete, futebol ou vôlei) em que uma única medalha recompensa um grande número de atletas.

Nota-se, também, que para um país ser considerado uma potência olímpica tem que ter representantes bons em vários esportes e se destacar em várias modalidades; não bastando se especializar em um único esporte.

Uma grande vantagem da metodologia proposta é sua simplicidade. Ao utilizar os conceitos de índice  $h$  para a identificação das potências olímpicas, incorporou-se também suas características de ser rapidamente entendido e facilmente calculado, não necessitando de ferramentas matemáticas avançadas. É importante destacar também que a mesma metodologia pode ser utilizada para identificar potências em diferentes campos, além do esportivo.

Ademais, a metodologia também estabelece uma indicação a respeito da competitividade dos Jogos. Quanto maior o valor do índice  $h$ , mais países fazem parte do núcleo  $h$  e são consideradas potências olímpicas. Quanto mais potências olímpicas, mais competitivo é o torneio, já que possui muitos competidores com capacidade de alcançar bons resultados. No entanto, sugere-se que em trabalhos futuros seja realizada uma análise histórica dos resultados de diversos jogos olímpicos para que se possa comprovar essa indicação de competitividade.

## Referências

- BALL, P. Achievement index climbs the ranks. *Nature*, v. 448, n. 7155, p. 737, 2007.
- BAUM, J. A. The excess-tail ratio: Correcting journal impact factors for citation distributions. *Management*, France, v. 16, n. 5, p. 697-706, 2013.
- BENICIO, J. C. T.; BERGIANTE, N. C. R.; SOARES, D. M. A FDH study of the vancouver 2010 winter olympic games. *WSEAS Transactions on Systems*, v. 12, n. 3, p. 179-188, 2013.
- BHARATHI, D. G. Evaluation and Ranking of Researchers – Bh Index. *PLOS ONE*, v. 8, n. 12, p. 8205, nov. 2013.
- BORNMAN, L.; DANIEL, H.-D. What do we know about the h index? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 58, n. 9, p. 1381-1385, 2007.
- BRAUN, T.; GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A. A Hirsch-type index for journals. *Scientometrics*, v. 69, n. 1, p. 169-173, 2006.
- BURRELL, Q. L. On the h-index, the size of the Hirsch core and Jin's A-index. *Journal of Informetrics*, v. 1, n. 2, p. 170-177, 2007.
- CHURILOV, L.; FLITMAN, A. Towards fair ranking of Olympics achievements: the case of Sydney 2000. *Computers & Operations Research*, v. 33, n. 7, p. 2057-2082, jul. 2006.
- COMITÉ OLÍMPICO INTERNACIONAL. *Rio 2016 Olympics: Schedule, Medals, Results & News*. 2017. Disponível em: <<https://www.olympic.org/rio-2016>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- CONSTANT, R. DOS S. et al. Índice H Para Torneios Round Robin—Um Estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 48., 2016, Vitória, ES. *Anais...* Espírito Santo: SBPO, 2016. Disponível em: <<http://www.sbpo2016.iltc.br/pdf/156752.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2016.
- EGGHE, L. Theory and practise of the g-index. *Scientometrics*, v. 69, n. 1, p. 131-152, out. 2006.
- EGGHE, L.; ROUSSEAU, R. An h-index weighted by citation impact. *Information Processing & Management*, v. 44, n. 2, p. 770-780, mar. 2008.
- FRANCESCHINI, F.; MAISANO, D. A. Analysis of the Hirsch index's operational properties. *European Journal of Operational Research*, v. 203, n. 2, p. 494-504, 2010.
- GLÄNZEL, W. The role of core documents in bibliometric network analysis and their relation with h-type indices. *Scientometrics*, v. 93, n. 1, p. 113-123, 28 jan. 2012.

GOMES JÚNIOR, S. F.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ANGULO MEZA, L. Sequential use of ordinal multicriteria methods to obtain a ranking for the 2012 Summer Olympic Games. *WSEAS Transaction on Systems*, v. 13, 2014. Disponível em: <[http://www.academia.edu/download/46214507/a205702-362\\_1\\_.pdf](http://www.academia.edu/download/46214507/a205702-362_1_.pdf)>. Acesso em: 22 out. 2016.

HAI, H. L. Using vote-ranking and cross-evaluation methods to assess the performance of nations at the Olympics. *WSEAS Transactions on Systems*, v. 6, n. 6, p. 1196-1205, 2007.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, PMID: 16275915, v. 102, n. 46, p. 16569–16572, 15 nov. 2005.

HU, X.; ROUSSEAU, R. Describing the development of molecular research in the context of nervous system diseases using year-based h-cores. *Journal of Information Science*, v. 40, n. 1, p. 107-114, fev. 2014.

JIN, B. et al. The R- and AR-indices: Complementing the h-index. *Chinese Science Bulletin*, v. 52, n. 6, p. 855-863, mar. 2007.

LACERDA, F. G. et al. Avaliação do desempenho dos países nos Jogos Pan-Americanos e verificação da ocorrência de Home Advantage. *Pesquisa Operacional*, v. 31, n. 2, p. 391-403, ago. 2011.

LEI, X. et al. Measuring Olympics achievements based on a parallel DEA approach. *Annals of Operations Research*, v. 226, n. 1, p. 379-396, 2014.

LI, Y. et al. Models for measuring and benchmarking olympics achievements. *Omega*, v. 36, n. 6, p. 933-940, 2008.

LI, Y. et al. Performance evaluation of participating nations at the 2012 London Summer Olympics by a two-stage data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 243, n. 3, p. 964-973, 2015.

LINS, M. P. E. et al. Olympic ranking based on a zero sum gains DEA model. *European Journal of Operational Research*, v. 148, n. 2, p. 312-322, jul. 2003.

LOZANO, S. et al. Measuring the performance of nations at the summer olympics using data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, v. 53, n. 5, p. 501-511, 2002.

LÜ, L. et al. The H-index of a network node and its relation to degree and coreness. *Nature Communications*, v. 7, p. 10168, 12 jan. 2016.

MARINHO, A.; ALMEIDA, V. V. DE; CARDOSO, S. D. S. Avaliação da Eficiência Técnica dos Países nos Jogos Olímpicos de Londres/2012. *Revista Meta: Avaliação*, v. 8, n. 23, p. 300, 30 ago. 2016.

- MATIAS, W. B.; MASCARENHAS, F. Olympic Games Rio 2016: winners and losers. *Motrivivência*, v. 27, n. 45, p. 230-246, set. 2015.
- PEREIRA, D. DA S. et al. Pós-Análise do Índice H e comparação com métodos ordinais multicritério. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v. 7, n. 2, p. 173-189, jul. 2015.
- PRATHAP, G. Hirsch-type indices for ranking institutions scientific research output. *Current Science*, v. 91, p. 1439, 2006.
- RIBEIRO, C. H. DE V.; SOARES, A. J. G.; DA COSTA, L. P. Percepção sobre o legado dos megaeventos esportivos no Brasil: o caso da Copa do Mundo FIFA 2014 e os Jogos Olímpicos Rio 2016. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, v. 36, n. 2, p. 447-466, abr. 2014.
- ROUSSEAU, R. A case study: evolution of JASIS' Hirsch index. *Science Focus*, v. 1, n. 1, p. 16-17, 2006a.
- ROUSSEAU, R. *New developments related to the Hirsch index*. 2006b. Disponível em: <<http://eprints.rclis.org/archive/00007616>>. Acesso em: 29 out. 2016.
- ROUSSEAU, R.; GARCÍA-ZORITA, C.; SANZ-CASADO, E. The h-bubble. *Journal of Informetrics*, v. 7, n. 2, p. 294-300, abr. 2013.
- RUANE, F.; TOL, R. S. J. Rational (successive) h-indices: an application to economics in the Republic of Ireland. *Scientometrics*, v. 75, n. 2, p. 395-405, 2008.
- SAATY, T. L. Who won the 2008 Olympics? A multicriteria decision of measuring intangibles. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, v. 17, n. 4, p. 473-486, dez. 2008.
- SANDY, M. Rio ... or Bust. *Time*, v. 188, n. 6, p. 60-63, ago. 2016.
- SCHUBERT, A. Successive h-indices. *Scientometrics*, v. 70, n. 1, p. 201-205, 2007.
- SITARZ, S. Mean value and volume-based sensitivity analysis for Olympic rankings. *European Journal of Operational Research*, v. 216, n. 1, p. 232-238, jan. 2012.
- SITARZ, S. The medal points' incenter for rankings in sport. *Applied Mathematics Letters*, v. 26, n. 4, p. 408-412, abr. 2013.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al. Cross Evaluation Using Weight Restrictions in Unitary Input DEA Models: Theoretical Aspects and Application to Olympic Games Ranking. *WTOS*, v. 7, n. 1, p. 31-39, jan. 2008.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ANGULO-MEZA, L.; BRANCO DA SILVA, B. P. A ranking for the Olympic Games with unitary input DEA models. *IMA Journal of Management Mathematics*, v. 20, n. 2, p. 201-211, 29 ago. 2008.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ANGULO-MEZA, L.; LACERDA, F. G. A DEA model with a non discretionary variable for Olympic evaluation. *Pesquisa Operacional*, v. 32, n. 1, p. 21-29, 2012.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; BERGIANTE, N. C. R. A Ranking for the Vancouver 2010 Winter Olympic Games Based on a Hierarchical Copeland Method. 2012. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/advanced-topics-in-applied-operations-management/a-ranking-for-the-vancouver-2010-winter-olympic-games-based-on-a-hierarchical-copeland-method>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

TCHA, M.; PERSHIN, V. Reconsidering Performance at the Summer Olympics and Revealed Comparative Advantage. *Journal of Sports Economics*, v. 4, n. 3, p. 216-239, ago. 2003.

VANCLAY, J. K. On the robustness of the h-index. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 58, n. 10, p. 1547-1550, 2007.

WALLECHINSKY, D. *The Complete Book of the Summer Olympics: Athens 2004*. [S.l.]: Sport Media Pub., 2004.

WANG, B.; CHEN, C.; LIU, K. The research of Olympic medal ranking methods. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MANAGEMENT SCIENCE AND ELECTRONIC COMMERCE, 2., 2011, China. *Trabalhos apresentados...* China: AIMSEC, 2011.

WU, H. et al. Ranking and benchmarking of the asian games achievements based on dea: The case of Guangzhou 2010. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, v. 30, n. 6, 2013.

WU, J. et al. Olympics ranking and benchmarking based on cross efficiency evaluation method and cluster analysis: the case of Sydney 2000. *International Journal of Enterprise Network Management*, v. 2, n. 4, p. 377-392, 2008.

WU, J.; LIANG, L. Cross-efficiency evaluation approach to Olympic ranking and benchmarking: The case of Beijing 2008. *International Journal of Applied Management Science*, v. 2, n. 1, p. 76-92, 2010.

WU, J.; LIANG, L.; CHEN, Y. DEA game cross-efficiency approach to Olympic rankings. *Omega*, v. 37, n. 4, p. 909-918, 2009.

WU, J.; LIANG, L.; YANG, F. Achievement and benchmarking of countries at the Summer Olympics using cross efficiency evaluation method. *European Journal of Operational Research*, v. 197, n. 2, p. 722-730, 2009.

WU, J.; ZHOU, Z.; LIANG, L. Measuring the Performance of Nations at Beijing Summer Olympics Using Integer-Valued DEA Model. *Journal of Sports Economics*, v. 11, n. 5, p. 549-566, 2010.

YAN, Z.; WU, Q.; LI, X. Do Hirsch-type indices behave the same in assessing single publications? An empirical study of 29 bibliometric indicators. *Scientometrics*, p. 1-19, out. 2016.

YANG, F. et al. Olympics performance evaluation and competition strategy based on data envelopment analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND SOFTWARE ENGINEERING, [1.], 2009, China. *Trabalhos apresentados...* China: CISE, 2009.

ZHANG, D. et al. Measuring the performance of nations at the olympic games using DEA models with different preferences. *Journal of the Operational Research Society*, v. 60, n. 7, p. 983-990, 2009.

ZHANG, L.; GLÄNZEL, W.; YE, F. Y. The Dynamic evolution of core documents: an experimental study based on h-related literature (2005–2013). *Scientometrics*, v. 106, n. 1, p. 369-381, ago. 2015.

Recebido em: 15/02/2017

Aceito para publicação em: 02/06/2017

## Identification of the Olympic Powers of the 2016 Olympic Games using the Concept of h-core

### Abstract

Since the creation of the Olympic Games, the media has created rankings to evaluate the participation of countries in the games. Although there is no official ranking, the lexicographic method is the most used. The objective of this study is to present an alternative way to evaluate the countries' performance. The interest here is not to generate a final ranking, but to identify the Olympic powers, according to the number of times that a country occupies the first places of each modality. As the notion of "first places" varies according to the decision maker, the concepts of h-index and h-core were utilized. The methodology was applied to the 2016 Olympic Games, which presented an h-index equal to five and 5 Olympic powers: United Kingdom, United States of America, China, Russia and Germany. The study's main contribution is to consider that the medals won in different modalities have different values, since there are more possibilities to win a medal in certain modalities with many categories.

**Keywords:** Olympic Ranking. h-index. h-core.

## Identificación de las Potencias Olímpicas de los Juegos Olímpicos de 2016 Utilizando el Concepto de Núcleo H

### Resumen

Desde la creación de los Juegos Olímpicos, los medios de comunicación han creado *rankings* para evaluar la participación de los países. Aunque no existe una clasificación oficial, el método lexicográfico es el que más se usa. El objetivo de este estudio es presentar una forma alternativa de evaluar el desempeño de los países. El interés motivado no es crear un *ranking* final, sino identificar las potencias olímpicas, según las veces que un país ocupa los primeros lugares de cada modalidad. Como la noción de "primeros lugares" varía según el tomador de decisiones, usamos los conceptos de índice h y núcleo h. La metodología se aplicó a los Juegos Olímpicos de 2016, que presentaron un índice h igual a 5 y 5 potencias olímpicas: Reino Unido, Estados Unidos, China, Rusia y Alemania. Su principal contribución es considerar que las medallas ganadas en diferentes

modalidades tienen valores diferentes, ya que hay más posibilidades de obtener una medalla en determinadas modalidades con muchas pruebas.

**Palabras clave:** Clasificación Olímpica. Índice h. Núcleo h.