ANÁLISE DE PERFORMANCE DOS JOGOS OLÍMPICOS DE 2016 E 2018 COM UMA METODOLOGIA BASEADA NO NÚCLEO H

Bruno Guimarães Torres
Universidade Federal Fluminense
R. Passo da Pátria, 156 - São Domingos, Niterói – RJ
brunotorres@id.uff.br

Juliana de Castro Reis
Universidade Federal Fluminense
R. Passo da Pátria, 156 - São Domingos, Niterói – RJ
juliana.dcreis@gmail.com

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello
Universidade Federal Fluminense
R. Passo da Pátria, 156 - São Domingos, Niterói – RJ
jccbsmello@id.uff.br

RESUMO

Em todas as edições dos Jogos Olímpicos, os meios de comunicação criam *rankings* para avaliar a participação dos países, apesar de não existir um *ranking* oficial divulgado pelo Comitê Olímpico Internacional (COI). Este estudo propõe uma forma alternativa para analisar a performance dos países, onde o objetivo não é gerar uma classificação final dos países, e sim identificar as potências olímpicas. Como a escolha das potências olímpicas é subjetiva e varia de acordo com o decisor, utilizou-se os conceitos de índice h e núcleo h. A metodologia foi aplicada ao ciclo olímpico que compreendeu os Jogos Olímpicos de Verão do Rio de Janeiro, em 2016, e os Jogos Olímpicos de Inverno de Pyeongchang, no ano de 2018. Como resultado, os Jogos obtiveram um índice h igual a 5 e 5 países foram apontados como potências olímpicas: Reino Unido, Estados Unidos, Alemanha, China e Rússia.

PALAVRAS CHAVE. Rankings olímpicos. Índice h. Núcleo h.

Tópicos (OA - Outras aplicações em PO)

ABSTRACT

In all editions of the Olympic Games, the media creates rankings to evaluate the participation of countries, although there is no official ranking released by the International Olympic Committee. This study proposes an alternative way to analyze the performance of countries. The objective is not to generate a final classification of countries, but to identify the Olympic powers. As the choice of Olympic powers is subjective and has variation according to the decision maker, we used the concepts of h-index and h-core. We applied the methodology to the Olympic cycle comprising the 2016 Summer Olympic Games, in Rio de Janeiro, and the Winter Olympic Games of Pyeongchang, in the year of 2018. As a result, the Games achieved a h-index equal to 5 and 5 countries as designated as Olympic powers: United Kingdom, United States, Germany, China and Russia.

KEYWORDS. Olympic Ranking. H-index. H-core.

Paper Topics (OA – Other applications in Operational Research)

https://proceedings.science/p/85490?lang=pt-br

1. Introdução

Em 1896, o Barão de Coubertin criou os Jogos Olímpicos Modernos de Verão. A ideia original era que louros fossem distribuídos aos melhores atletas de cada modalidade, a cada quatro anos [Wallechinsky, 2004]. No entanto, essa competição renegava os esportes praticados no gelo e na neve, priorizando as conquistas de atletas de origem em países tropicais. Apenas em 1924, foi instituída a primeira competição mundial de esportes de inverno, que anteriormente era chamada de Jogos Nórdicos. Dois anos depois a competição foi nomeada pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) como os primeiros Jogos Olímpicos de Inverno.

Inicialmente, os Jogos Olímpicos de Verão e de Inverno eram realizados no mesmo ano e no mesmo local. Após 1936, sua quarta edição, os Jogos passaram a ser realizados em locais diferentes, e apenas em 1986, o COI decidiu intercalar as competições, sendo realizadas a cada dois anos. As últimas edições realizadas foram os Jogos Olímpicos de Verão do Rio de Janeiro em 2016, e os Jogos Olímpicos de Inverno de Pyeongchang, Coreia do Sul, no ano de 2018.

No início da história dos Jogos, a conquista individual do atleta era mais valorizada, independendo a nação a qual ele representava [Wallechinsky, 2004]. No entanto, as conquistas se tornaram muito importantes e relevantes para os países dos atletas, pois as vitórias se tornaram muitas vezes formas de demostrar a superioridade de um país sobre o outro e de divulgar uma ideologia, como ocorreu na Guerra Fria [Lins *et al.*, 2003].

Mesmo com o grande caráter nacionalista dos Jogos, o COI não divulga um *ranking* oficial dos países participantes, tanto nas Olimpíadas de Inverno quanto nas Olimpíadas de Verão. O *ranking* conhecido e acompanhado por todos é criado pela mídia, e utiliza um método lexicográfico para cada olimpíada separadamente [Lins *et al.*, 2003].

Esse *ranking* apesar de ser simples e de fácil entendimento, apresenta alguns contrapontos. Por exemplo, não trata igualmente as diversas modalidades. O atletismo distribui uma quantidade grande de medalhas, enquanto esportes coletivos distribuem comumente uma medalha de ouro para cada gênero, isso faz com que um país que tenha poucos ou até mesmo apenas um bom atleta em provas de atletismo possa ter um desempenho melhor que um país que tenha um bom time em uma modalidade coletiva, que pode ganhar no máximo uma medalha.

Por esta 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 [Lozano *et al.*, 2002; Tcha; Pershin, 2003; Churilov e Flitman, 2006; Hai, 2007; Li *et al.*, 2008; Saaty, 2008; Soares De Mello; Angulo-Meza; Branco Da Silva, 2008; Wu *et al.*., 2008; Wu; Liang; Chen, 2009; Wu; Liang; Yang, 2009; Zhang *et al.*, 2009; Wu; Liang, 2010; Wu; Zhou; Liang, 2010; Lacerda *et al.*, 2011; Wang; Chen; Liu, 2011; Sitarz, 2012, 2013; Soares De Mello; Bergiante, 2012; Benicio; Bergiante; Soares, 2013; Gomes Júnior; Soares De Mello; Angulo Meza, 2014; Lei *et al.*, 2014; Marinho; Almeida; Souzacardoso, 2016].

O presente estudo pretende aplicar a metodologia de Reis et al. [2017], que utilizou os conceitos e núcleo h e índice h para identificar as potências olímpicas da Rio 2016. No entanto, aos resultados encontrados serão adicionados os cálculos para os Jogos de Pyeongchang 2018, dessa maneira serão identificadas as potências conjuntas dos Jogos Olímpicos de Verão e de Inverno. Essa nova abordagem visa destacar a característica da metodologia da igualdade de importância das modalidades olímpicas, sem renegar países que são potências esportivas e possuem mais identificação com esportes de gelo e neve, como a Noruega, que obteve 14 ouros nos Jogos de Inverno de 2018, maior número entre qualquer delegação, no entanto apenas 4 bronzes nas Olimpíadas Rio 2016.

O conceito de potência olímpica utilizado leva em consideração o número de vezes que determinado país recebe mais ouros que outros em cada modalidade, e em consequência fica em primeiro lugar em seu *ranking* lexicográfico. Assim, há de se estipular uma nota de corte para definir quais e quantos países daquela modalidade devem ser contabilizados para o cálculo das potências olímpicas. Para evitar qualquer julgamento subjetivo, foram utilizados os conceitos de índice h [Hirsch, 2005] e núcleo h [Glänzel, 2012].

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 2018 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

Originalmente criado para avaliar pesquisadores, o índice h [Hirsch, 2005] é calculado, primeiramente, através da ordenação de todas as publicações do autor em ordem decrescente do número de citações. Em seguida, encontra-se o maior valor h de publicações que possuem h citações, enquanto as outras publicações do autor possuem menos de h citações. Quanto maior o índice h de um pesquisador, mais impacto e produtividade ele possui [Franceschini e Maisano, 2010].

A título de exemplificação, se um determinado autor possui 10 publicações, e as suas respectivas citações estão apresentadas de forma decrescente na Tabela 1, o índice h desse autor será igual a 6, pois ele possui 6 publicações com pelo menos 6 citações. Ou seja, o índice h é dado pela última posição no *ranking* de publicações em que o número de citações da publicação é maior ou igual ao valor de sua posição.

Tabela 1: Exemplo de cálculo do índice h

***Ranking* de publicações**	**Número de citações**
1	87
2	52
3	13
4	10
5	7
6	6
7	2
8	1
9	1
10	0

O índice h, pelo fato de ser muito simples [Franceschini e Maisano, 2010], robusto [Vanclay, 2007], e de pouca arbitrariedade [Glänzel, 2012] é muito utilizado na área acadêmica. Inclusive, bases como o SCOPUS e o Google Scholar realizam o cálculo do índice h de cada autor automaticamente.

Ademais, o índice pode ser utilizado para diversas outras aplicações que relacionam dois itens distintos [Rousseau, 2006; Zhang; Glänzel; Ye, 2015]. Estudos baseados na área de educação, sem o foco da avaliação dos pesquisadores [Braun; Glänzel; Schubert, 2006; Baum, 2013], na área de ciência molecular [Hu e Rousseau, 2014], na área de grafos [Lü *et al.*, 2016] e na área de esportes [Constant *et al.*, 2016] foram realizados utilizando conceitos de índice h.

Para identificar as potências olímpicas utilizando o índice h, deve-se além de identificar o valor de h, descobrir quais são os itens que contribuem para esse valor. Esses itens compõem o que chamamos 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]

Geralmente, a quantidade de itens que compõem o núcleo h é igual ao valor do índice h. No entanto, caso haja mais de uma publicação com exatamente h citações, há a possibilidade do núcleo h ser composto por mais que h itens. Alguns autores propõem um método para definir qual publicação deve permanecer no núcleo h [Ruane e Tol, 2008; Pereira *et al.*, 2015], e outros, como [Burrell, 2007], defendem que caso haja um empate, todos os itens serão considerados integrantes do núcleo.

Para esse estudo, será calculado o índice h para a quantidade de vezes que um país aparece nos núcleos h das modalidades. O cálculo de índices h sucessivos já foi realizado por diversos autores [Prathap, 2006; Schubert, 2007], no entanto, utilizando o conceito do núcleo h esse tipo de cálculo só foi realizado por Reis et al. [2017].

3. Metodologia proposta

A metodologia utilizada nesse artigo foi baseada no estudo desenvolvido por Reis et al. [2017], o objetivo é identificar as potências olímpicas dos Jogos Olímpicos de Verão e Inverno dos anos de 2016 e 2018, para isso serão utilizados os conceitos de índice h e núcleo h. Uma potência olímpica é o país que 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 Método Lexicográfico é o método geralmente utilizado pela mídia para elaborar o *ranking* dos países nos Jogos Olímpicos. Primeiro, organiza-se os países em ordem decrescente do número de medalhas de ouro, em caso de empate, são utilizadas as medalhas de prata e em caso de empate o número de medalhas de bronze.

Considerando o *ranking* lexicográfico baseado no total de medalhas obtidas por cada país, a metodologia utilizada por Reis et al. [2017] poderia ser aplicada para identificar as potências olímpicas. No entanto, dessa maneira, seria considerado que as modalidades possuem pesos distintos, isto é, que as modalidades que distribuem mais medalhas possuem maior importância na definição do *ranking*. Por exemplo, atletismo teria um peso maior que futebol, porque uma nação que possui bons atletas no atletismo tem muito mais chance de se sobressair nesse *ranking* do que um país que seja bom no futebol, que potencialmente só pode ganhar uma medalha por gênero.

Por esse motivo, nesse estudo, são calculadas as potências olímpicas para cada modalidade separadamente, tanto dos Jogos Olímpicos de Verão Rio 2016, quanto dos Jogos Olímpicos de Inverno Pyeongchang 2018, para só depois calcular as potências olímpicas do ciclo olímpico em questão. Assim, todas as modalidades terão o mesmo peso na identificação das potências olímpicas.

E então, se para cada modalidade o método lexicográfico for utilizado para calcular o *ranking* da modalidade e identificar as nações que são as suas potências, como identificar quantas e quais nações serão as potências de cada modalidade? Para um determinado decisor pode ser importante destacar apenas o melhor colocado em cada modalidade, para outro os três melhores colocados merecem ser destacados.

Depender do julgamento subjetivo de um decisor pode trazer complicações, e é nesse momento que os conceitos de Índice h e Núcleo h são utilizados, para evitar a subjetividade e identificar em cada modalidade quantas e quais são as potências olímpicas.

A metodologia utilizada pode ser dividida em duas etapas: a primeira etapa consiste na identificação do núcleo h para cada modalidade dos jogos olímpicos (de verão e de inverno), e a segunda etapa é responsável por determinar as potências olímpicas da competição, agregando as potências de todas as modalidades.

Na primeira etapa, para realizar a identificação do núcleo h de cada modalidade deve ser feita uma analogia onde uma modalidade olímpica é equivalente a um autor, os países competidores assemelham-se aos artigos publicados e a quantidade de medalhas conquistadas corresponde ao número de citações.

Voltando ao exemplo da Tabela 1, onde um autor fictício possui 10 publicações, cada uma com a quantidade de citações demonstrada, possui um índice h igual a 6. Isso significa que as suas seis publicações mais citadas fazem parte do seu núcleo h e são suas principais publicações. Se esse autor fosse uma modalidade, cada publicação fosse um país, e cada citação, uma medalha de ouro obtida por esse país, os seis primeiros países com mais medalhas, estariam no núcleo h dessa modalidade e representaria as potências nesse esporte.

Assim, para identificar o núcleo h de determinada modalidade deve-se somar as medalhas de ouro que cada país recebeu na modalidade e organizar esses países de acordo com o método

lexicográfico. Em seguida, deve-se calcular o índice h da modalidade, que será o número h de países que conquistaram pelo menos h medalhas de ouro, e por fim selecionar os países integrantes do núcleo h da modalidade em questão.

Já na segunda etapa, deve-se determinar quantas vezes cada país fez parte do núcleo h de uma modalidade. De posse dessa informação, elabora-se uma lista de países em ordem decrescente de quantidade vezes em que aparecem no núcleo h, para então calcular o índice h da competição, ou seja, o índice h dos núcleos h. Neste caso, o índice h será dado pelo número h de países que apareceram no núcleo h de uma modalidade pelo menos h vezes. Ao final, os países que constituem o núcleo h da competição são as chamadas potências olímpicas para os Jogos Olímpicos de Verão e Inverno.

4. O ciclo Olímpico

4.1. Sobre os Jogos Olímpicos

Os Jogos Olímpicos de Verão de 2016 aconteceram entre os dias 05 e 21 de agosto, na cidade do Rio de Janeiro. Um total de 11.237 atletas, representando 207 países em 39 modalidades participaram dessa edição dos Jogos. Foram realizados 306 eventos, que distribuíram um total de 928 medalhas, pois cada modalidade pode englobar diversos eventos [COI, 2018].

As modalidades presentes na competição, segundo o Comitê Olímpico Internacional [COI, 2018], 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.

A nação que obteve o maior número de medalhas de ouro foi os Estados Unidos, com um total de 46 medalhas. Também foi o país que obteve o maior número total de medalhas (121). Além dos EUA, Reino Unido e China foram os países que conquistaram o maior número de medalhas de ouro. O Brasil obteve sua melhor performance em Jogos Olímpicos de Verão, com um total de 7 medalhas de ouro e 19 medalhas no quadro total.

Os Jogos Olímpicos de Inverno foram realizados entre os dias 9 e 25 de fevereiro de 2018 em Pyeongchang, na Coreia do Sul. Um total de 2.922 atletas representaram 92 países em 15 modalidades diversas. Foram realizadas 102 provas, que distribuíram um total de 307 medalhas [COI, 2018].

As modalidades presentes na competição foram: biatlo, *bobsleigh*, combinado nórdico, *curling*, esqui alpino, esqui *cross-country*, esqui estilo livre, hóquei no gelo, *luge*, patinação artística, patinação de velocidade, patinação de velocidade em pista curta, salto de esqui, *skeleton* e *snowboard*. Assim como para os Jogos Olímpicos de Verão, optou-se por utilizar a classificação do COI por representar as modalidades oficiais da competição.

A nação que obteve o maior número de medalhas de ouro foi a Noruega, com um total de 14 medalhas, seguida pela Alemanha e Canadá. Como nos Jogos de Verão, o país que obteve a maior quantidade de medalhas de ouro também foi o país que alcançou o primeiro lugar no quadro total de medalhas, assim a Noruega obteve 39 medalhas no total. Apesar de levar representantes, o Brasil nunca conquistou uma medalha nos Jogos Olímpicos de Inverno.

4.2. Análise dos resultados

Como o estudo realizado por Reis et al. [2017] já identificou as potências olímpicas para os Jogos Olímpicos de Verão de 2016, neste artigo, primeiramente serão identificadas as potências dos Jogos Olímpicos de Inverno 2018, para que no segundo momento os resultados sejam agregados e, assim, se possa encontrar as potências olímpicas desse ciclo olímpico.

Para os Jogos de Pyeongchang 2018, foram somadas as medalhas conquistadas por cada país em cada uma das 15 modalidades separadamente e ordenadas de forma decrescente pelo número de medalhas de ouro, formando um *ranking* para cada modalidade. Com os *rankings* criados foi possível identificar as potências de cada modalidade olímpica, utilizando os conceitos de índice h e de núcleo h.

As medalhas recebidas na modalidade esqui *cross-country* estão apresentadas na Tabela 2. A primeira coluna contém o nome dos países, a segunda, terceira e quarta colunas apresentam, respectivamente, o somatório do número 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.

Tabela 2: Resultado do índice h e núcleo h para esqui *cross-country*

País	Ouro	Prata	Bronze	*Ranking*
Noruega	7	4	3	1
Suécia	2	3	1	2
Finlândia	1	1	2	3
Suíça	1	0	0	4
EUA	1	0	0	5
A.O. da Rússia	0	3	5	6
Itália	0	1	0	7
França	0	0	2	8

Analisando a Tabela 2 é possível concluir que o índice h da modalidade de esqui *cross-country* foi igual a 2, porque apenas 2 países obtiveram 2 ou mais medalhas de ouro. Dessa forma, o núcleo h dessa modalidade é composto por esses 2 países, Noruega e Suécia, destacados na tabela. Ou seja, esses países são as potências esportivas nessa modalidade. Inclusive, a Noruega, que foi o país que ganhou a maior quantidade de medalhas de ouro no total (14), recebeu metade de suas medalhas de ouro nessa modalidade (7).

Da mesma forma, a Tabela 3 apresenta o *ranking* lexicográfico para a modalidade de esqui alpino. Seguindo os mesmos passos, observa-se que o índice h dessa modalidade também foi igual a 2, onde 2 países obtiveram 2 ou mais medalhas de ouro. Dessa vez, no entanto, houve um empate entre dois países com duas medalhas de ouro, o que aumentaria o núcleo h de 2 para 3. Assim, o número de medalhas de prata teve que ser utilizado para desempatar e definir Áustria e Suíça como as potências da modalidade, conforme destacado na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado do índice h e núcleo h para esqui alpino

País	Ouro	Prata	Bronze	*Ranking*
Áustria	3	2	2	1
Suíça	2	3	2	2
Suécia	2	0	0	3
Noruega	1	4	2	4
EUA	1	1	1	5
Itália	1	0	1	6
Rep. Tcheca	1	0	0	7
França	0	1	2	8
Liechtenstein	0	0	1	9

Confirmando as observações realizadas por Reis et al [2017], as modalidades com maior número de medalhas distribuídas apresentaram um índice h maior. Das 15 modalidades, 5 obtiveram índice h igual a 2, enquanto 10 obtiveram índice h igual a 1. Comparando com os resultados dos Jogos de Verão, as modalidades dos Jogos de Inverno obtiveram, em geral, índices h menores, pelo fato de que os Jogos de Inverno distribuem um número menor de medalhas.

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 uma modalidade. Os países foram listados em ordem decrescente de ocorrência, gerando um *ranking*, apresentado na Tabela 4, onde a primeira coluna contém o nome do país e a segunda coluna apresenta a quantidade de vezes que o país apareceu no núcleo h de alguma modalidade. A terceira coluna indica a posição do *ranking* ocupada pelo país na metodologia proposta e, por fim, a quarta coluna indica a posição do *ranking* quando utilizado apenas o Método Lexicográfico considerando o total de medalhas de ouro conquistadas pelo país, somando todas as modalidades.

Tabela 4: Resultado do índice h e núcleo h para os Jogos Olímpicos 2018

País	**Nº de vezes que aparece no núcleo h de uma modalidade**	***Ranking* com índice h**	***Ranking* lexicográfico**
Alemanha	4	1	2
Canadá	2	2	3
EUA	2	2	4
Noruega	2	2	1
Suécia	2	2	6
Áustria	1	6	10
Coréia do Sul	1	6	7
França	1	6	9
Holanda	1	6	5
Japão	1	6	11
A.O. da Rússia	1	6	13
Reino Unido	1	6	19
Suíça	1	6	8

Dos 92 países participantes das Olimpíadas de Inverno, 13 fizeram parte do núcleo h de pelo menos uma modalidade, sendo a Alemanha o país que mais esteve presente no núcleo h das modalidades. Observa-se que o índice h dessa competição é igual a 2, no entanto 5 países fazem parte do núcleo h, pois houve um empate entre 4 países que estiveram no núcleo h de duas modalidades. Portanto, as potências olímpicas das Olímpiadas de Inverno de 2018 são Alemanha, Canadá, EUA, Noruega e Suécia.

Analisando a Tabela 4, observa-se que dentre os seis primeiros colocados do *ranking* lexicográfico, apenas a Holanda não é uma potência olímpica. Isso pode ser explicado pelo fato do país focar seus esforços em apenas uma modalidade, a patinação de velocidade, onde conquistou 7 medalhas de ouro.

No entanto, como o objetivo do artigo é identificar as nações que são potências olímpicas no ciclo olímpico que abrange as Olimpíadas de Verão de 2016 e as Olimpíadas de Inverno de 2018, somou-se o número de vezes que cada país aparece no núcleo h de uma modalidade, considerando os dois Jogos. O resultado está apresentado na Tabela 5.

Na Tabela 5, a primeira coluna contém o nome do país e a segunda coluna apresenta a quantidade de vezes que o país apareceu no núcleo h de alguma modalidade, tanto de inverno quanto de verão. A terceira coluna indica a posição do *ranking* ocupada pelo país na metodologia para as Olimpíadas de Verão e a quarta coluna indica a posição do *ranking* ocupada pelo país utilizando a metodologia para as Olimpíadas de Inverno. Por fim, a quinta coluna indica a posição do *ranking* quando considerando a metodologia para os dois Jogos Olímpicos em conjunto e a última coluna apresenta o *ranking* considerando o método lexicográfico agregando o resultado dos dois Jogos Olímpicos.

Tabela 5: Resultado do índice h e núcleo h para os Jogos Olímpicos 2016 e 2018

País	Nº de vezes que aparece no núcleo h	*Ranking* das Olimpíadas de Verão	*Ranking* das Olimpíadas de Inverno	*Ranking* total dos dois Jogos	*Ranking* lexicográfico
Reino Unido	10	1	6	1	3
EUA	9	2	2	2	1
Alemanha	9	5	1	2	2
China	6	3	-	4	4
Rússia	6	3	-	4	5
Holanda	4	6	6	6	7
Coréia do Sul	4	6	6	6	11
Hungria	3	6	-	8	14
Austrália	3	6	-	8	15
França	3	10	6	8	8
Japão	3	10	6	8	6
Suécia	3	13	2	8	13
Canadá	3	13	2	8	9
Brasil	2	10	-	14	17
Suíça	2	13	6	14	16
Noruega	2	-	2	14	10
Quênia	1	13	-	17	19
Jamaica	1	13	-	17	20
Uzbequistão	1	13	-	17	25
Cuba	1	13	-	17	23
Eslováquia	1	13	-	17	30
Bielorrússia	1	13	-	17	27
Dinamarca	1	13	-	17	37
Argentina	1	13	-	17	35
Tailândia	1	13	-	17	42
Servia	1	13	-	17	39
Nova Zelândia	1	13	-	17	24
Fiji	1	13	-	17	58
Itália	1	13	-	17	12
A. O. da Rússia	1	-	6	17	36
Áustria	1	-	6	17	21

Observa-se que as potências olímpicas dos Jogos de Verão foram todas também potências olímpicas para o ciclo verão/inverno, são elas: Reino Unido, EUA, Alemanha, China e Rússia. Isso se deve ao fato de que, como há mais modalidades nos Jogos Olímpicos de Verão do que nos Jogos de Inverno, um país pode se manter nas primeiras colocações mesmo não possuindo uma boa performance nos Jogos de Inverno.

Alemanha e EUA foram os únicos países que foram potências olímpicas dos Jogos de Verão, de Inverno e dos Jogos agregados. O Reino Unido, que foi uma potência olímpica dos Jogos Rio 2016, não repetiu a performance nos Jogos de Inverno, no entanto, adicionou uma modalidade na sua soma, o que não ocorreu com China, que se manteve com a mesma quantidade de modalidades em que é potência esportiva.

Cabe ressaltar que a Rússia não participou dos Jogos Pyeongchang 2018, pois foi banida pelo COI por conta de um escândalo envolvendo *doping* dos atletas [FOLHA DE SÃO PAULO, 2017]. No entanto, alguns atletas olímpicos russos participaram dos Jogos de Inverno, sem representar a bandeira do seu país e, por isso, seus resultados não foram adicionados à performance russa nos Jogos Rio 2016. Vale destacar também que a Rússia foi considerada uma potência

olímpica nos Jogos Rio 2016 mesmo não participando do Atletismo, pois havia sido punida em decorrência do referido escândalo.

Em relação aos países que não são potências olímpicas, Holanda e Coreia do Sul melhoraram a sua performance, mas não o suficiente para serem potências olímpicas, para isso, deveriam ser potência esportiva em pelo menos mais duas modalidades.

Hungria, Austrália e Brasil foram alguns dos países que pioraram sua posição no *ranking*, por não terem sido apontados como potências esportivas em nenhum esporte de inverno, enquanto, França, Japão, Suécia e Canadá, obtiveram uma melhora em sua performance.

Comparando o *ranking* feito pelo método do índice h e pelo método lexicográfico, observa-se que os 5 primeiros colocados se mantem, enquanto há uma diferença maior do *ranking* entre os demais colocados. 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. São propostas diferentes que atendem a 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, identificando as potências olímpicas dos Jogos.

5. Conclusão

O estudo teve como objetivo identificar as potências olímpicas, do ciclo olímpico Rio 2016 e Pyeongchang 2018. Para esse fim, foi empregada a metodologia proposta por Reis et al. [2017], que utiliza o índice h e o núcleo h para remover a subjetividade da escolha das potências olímpicas. Assim, foram listadas todas as modalidades presentes na competição e calculado o núcleo h de cada modalidade. Em seguida, identificou-se aqueles países que se destacaram em diversos esportes, encontrando as potências olímpicas.

Reino Unido, Estados Unidos, Alemanha, China e Rússia foram os países apontados como potências olímpicas. Coincidentemente, os cinco também foram os primeiros colocados pelo *ranking* lexicográfico das Olimpíadas Rio 2016, enquanto, em relação as Olimpíadas de Pyeongchang 2018, apenas dois desses países estavam nas 5 primeiras colocações no *ranking* lexicográfico, Estados Unidos e Alemanha.

Como a metodologia iguala a importância das diversas modalidades, os países que investem em diversos esportes obtêm melhores resultados, como o Reino Unido e a Alemanha. Enquanto países que ganham muitas medalhas em apenas uma modalidade, como a Noruega, são prejudicados e não apareceram como uma potência olímpica.

Assim, pode-se dizer que o *ranking* proposto neste trabalho equipara os países campeões em esportes que distribuem um grande número de medalhas de ouro (por exemplo, atletismo, natação ou *snowboard*) e os países que ganham medalhas em esportes de equipe (como basquete, futebol ou hóquei), em que uma única medalha recompensa um grupo de atletas.

Uma das principais vantagens da metodologia proposta é a sua simplicidade, alcançada ao utilizar os conceitos de índice h para a identificação das potências olímpicas. O índice h é conhecido por suas características de ser facilmente entendido e de não necessitar de ferramentas matemáticas avançadas para seu cálculo.

É importante destacar também que a mesma metodologia proposta pode ser utilizada para identificar potências em diferentes campos, além do esportivo. Por exemplo, em relação aos pesquisadores, pode-se identificar os maiores autores em determinado periódico, relacionando cada periódico com uma Olimpíada, cada autor como um país e cada citação recebida como uma medalha. Adicionalmente, com esses resultados, pode-se identificar aqueles autores que são referências em um grupo de periódicos ou em determinada área de conhecimento, e assim sucessivamente.

Além do que já foi destacado, a metodologia proposta também estabelece uma indicação a respeito da competitividade do ciclo olímpico. Quanto maior o valor do índice h dos Jogos Olímpicos, mais países fazem parte do núcleo h e são consideradas potências olímpicas. Quanto mais potências olímpicas possui, mais competitivo é o torneio, uma vez que apresenta muitos

competidores com capacidade de alcançar bons resultados.

Por fim, sugere-se como trabalhos futuros, utilizar essa mesma metodologia em estudos de caso relacionados a outras áreas de conhecimento. Inclusive, pode ser interessante aplicar a metodologia proposta na análise da produtividade acadêmica. Dessa forma, utilizar-se-ia o índice h e o núcleo h para avaliação de autores, função original para qual foram idealizados.

Referências

Baum, J. A. (2013). The excess-tail ratio: Correcting journal impact factors for citation distributions. *Management (France)*, 16: 697–706.

Benicio, J. C. T., Bergiante, N. C. R. e Soares, D. M. (2013). A FDH study of the vancouver 2010 winter olympic games. *WSEAS Transactions on Systems*, 12: 179–188.

Braun, T., Glänzel, W. e Schubert, A. (2006). A Hirsch-type index for journals. *Scientometrics*, 69: 169–173.

Burrell, Q. L. (2007). On the h-index, the size of the Hirsch core and Jin's A-index. *Journal of Informetrics*, 1: 170–177.

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

Comitê Olímpico Internacional (2018). Recuperado de https://www.olympic.org/olympic-games

Constant, R. dos S., Machado, L. G., Pereira, D. da S., & Soares de Mello, J. C. C. B. (2016). Índice h para torneios round robin - Um estudo de caso. In *Anais do XLVIII SBPO* (Vol. 1).

Folha de São Paulo. (2017). Rússia é banida dos Jogos Olímpicos de Inverno por causa de doping. Recuperado de http://www1.folha.uol.com.br/esporte/2017/12/1940782-russia-e-banida-dos-jogos-olimpicos-de-inverno-por-causa-de-doping.shtml

Franceschini, F. e Maisano, D. A. (2010). Analysis of the Hirsch index's operational properties. *European Journal of Operational Research*, 203: 494–504.

Glänzel, W. (2012). The role of core documents in bibliometric network analysis and their relation with h-type indices. *Scientometrics*, 93: 113–123.

Gomes Júnior, S. F., Soares de Mello, J. C. C. B. e Angulo Meza, L. (2014). Sequential use of ordinal multicriteria methods to obtain a ranking for the 2012 Summer Olympic Games. *WSEAS Transaction on Systems*, 13.

Hai, H. L. (2007). Using vote-ranking and cross-evaluation methods to assess the performance of nations at the Olympics. *WSEAS Transactions on Systems*, 6: 1196–1205.

Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102: 16569–16572.

Hu, X. e Rousseau, R. (2014). Describing the development of molecular research in the context of nervous system diseases using year-based h-cores. *Journal of Information Science*, 40: 107–114.

Lacerda, F. G., Chaves, M. C. de C., Júnior, G., Figueiredo, S., Soares de Mello, J. C. C. B. e Pereira, E. R. (2011). Avaliação do desempenho dos países nos Jogos Pan-Americanos e verificação da ocorrência de Home Advantage. *Pesquisa Operacional*, 31: 391–403.

Lei, X., Li, Y., Xie, Q. e Liang, L. (2014). Measuring Olympics achievements based on a parallel DEA approach. *Annals of Operations Research*, 226: 379–396.

Li, Y., Liang, L., Chen, Y. e Morita, H. (2008). Models for measuring and benchmarking olympics achievements. *Omega*, 36: 933–940.

Lins, M. P. E., Gomes, E. G., Soares de Mello, J. C. C. B. e Soares de Mello, A. J. R. (2003). Olympic ranking based on a zero sum gains DEA model. *European Journal of Operational Research*, 148: 312–322.

Lozano, S., Villa, G., Guerrero, F. e Cortés, P. (2002). Measuring the performance of nations at the summer olympics using data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 53: 501–511.

Lü, L., Zhou, T., Zhang, Q.-M. e Stanley, H. E. (2016). The H-index of a network node and its relation to degree and coreness. *Nature Communications*, 7: 10168.

Marinho, A., De, A., e De, S. C. (2016). Evaluation of the countries' technical efficiency in the London 2012 Olympic games. *Meta: Avaliacao*, 8: 300–325.

Pereira, D. da S., Costa, E. F., Wolff, M. G. de C., Tavares, R. S. e Soares de Mello, J. C. C. B. (2015). Pós-análise do índice h e a comparação com métodos ordinais multicritério. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, 7: 173–189.*

PRATHAP, G. (2006). Hirsch-type indices for ranking institutions scientific research output. *Current Science*, 91: 1439.

Reis, J. de C., Torres, B. G. e Soares de Mello, J. C. C. B. (2017). Identificação das Potências Olímpicas dos Jogos Olímpicos de 2016 Utilizando o Conceito de Núcleo h. *Revista Meta: Avaliação*, 9: 337–359.

Rousseau, R. (2006). New developments related to the Hirsch index.

Ruane, F. e Tol, R. S. J. (2008). Rational (successive) h-indices: An application to economics in the Republic of Ireland. *Scientometrics*, 75: 395–405.

Saaty, T. L. (2008). Who won the 2008 Olympics? A multicriteria decision of measuring intangibles. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 17: 473–486.

Schubert, A. (2007). Successive h-indices. *Scientometrics*, 70: 201–205.

Sitarz, S. (2012). Mean value and volume-based sensitivity analysis for Olympic rankings. *European Journal of Operational Research*, 216: 232–238.

Sitarz, S. (2013). The medal points' incenter for rankings in sport. *Applied Mathematics Letters*, 26: 408–412.

Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo-Meza, L. e Branco da Silva, B. P. (2008). A ranking for the Olympic Games with unitary input DEA models. *IMA Journal of Management Mathematics*, 20: 201–211.

Soares de Mello, J. C. C. B. e Bergiante, N. C. R. (2012). A Ranking for the Vancouver 2010 Winter Olympic Games Based on a Hyerarchcical Copeland Method. *Advanced Topics in Applied Operations Management.*

Tcha, M. e Pershin, V. (2003). Reconsidering Performance at the Summer Olympics and Revealed Comparative Advantage. *Journal of Sports Economics*, 4: 216–239.

Vanclay, J. K. (2007). On the robustness of the h-index. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58: 1547–1550.

Wallechinsky, D. (2004). *The Complete Book of the Summer Olympics: Athens 2004*. Sport Media Pub.

Wang, B., Chen, C. e Liu, K. (2011). The research of Olympic medal ranking methods (p. 7406–7410). Apresentado em 2011 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce, AIMSEC 2011 - Proceedings.

Wu, H., Chen, B., Xia, Q. e 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*.

Wu, J. e Liang, L. (2010). Cross-efficiency evaluation approach to Olympic ranking and benchmarking: The case of Beijing 2008. *International Journal of Applied Management Science*, 2: 76–92.

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

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

Wu, J., Liang, L., Wu, D. e 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: 377–392.

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

Wu, J., Zhou, Z. e Liang, L. (2010). Measuring the Performance of Nations at Beijing Summer Olympics Using Integer-Valued DEA Model. *Journal of Sports Economics*, 11: 549–566.

Yang, F., Ling, L., Gou, Q. e Wu, H. (2009). Olympics performance evaluation and competition strategy based on data envelopment analysis. Apresentado em Proceedings - 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, CiSE.

Zhang, D., Li, X., Meng, W. e 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: 983–990.

Zhang, L., Glänzel, W. e Ye, F. Y. (2015). The Dynamic evolution of core documents: an experimental study based on h-related literature (2005–2013). *Scientometrics*, 106: 369–381.