

## **AVALIAÇÃO PELA METODOLOGIA DEA DOS RESULTADOS DO BRASIL NAS OLIMPÍADAS DE PEQUIM, 2008**

**Aline Pereira de Lima**

Universidade Federal Fluminense - Mestrado Acadêmico em Engenharia de Produção  
Rua Passo da Pátria 156, sala 309 – Bloco D, 22210-240, Niterói, RJ  
alinepdelima@gmail.com

**Lívia de Rezende Bragança**

Universidade Federal Fluminense - Mestrado Acadêmico em Engenharia de Produção  
Rua Passo da Pátria 156, sala 309 – Bloco D, 22210-240, Niterói, RJ  
livia\_braganca@yahoo.com.br

### **RESUMO**

O objetivo deste artigo é avaliar, no caso brasileiro, a eficiência de cada esporte olímpico e a conversão dos investimentos feitos em resultados, utilizando como base o desempenho alcançado por cada modalidade nos Jogos Olímpicos de 2008, realizados em Pequim – China. Como método de análise foi utilizado a Análise Envoltória de Dados (DEA), a fim de identificar em quais esportes o Brasil deveria direcionar investimentos buscando resultados mais expressivos nas próximas edições da competição (2012 e 2016). A modelagem DEA utilizada foi a BCC e o resultado do modelo identificou, dentre as 11 modalidades analisadas, 05 eficientes e 06 modalidades em que o Brasil deveria direcionar investimentos.

**PALAVRAS CHAVE. DEA, Jogos Olímpicos, Eficiência.**

**Área principal: DEA – Análise Envoltória de Dados.**

### **ABSTRACT**

The aim of this paper is value the efficiency, in Brazilian case, the efficiency of each Olympic events and the conversion of investments in outcomes, utilizing as parameter the performance of Brazil in Olympic Games in Beijing – China (2008). As analysis method was used Data Envelopment Analysis (DEA) in order to identify the sports that Brazil should be invest to next Olympic games (2012 and 2016) to achieve outcomes more expressive than Olympic games in 2008. The DEA method used was BCC that analyzed 11 Olympic events, which 05 were considered efficient and 06 characterized as sports that Brazil should be invest in next year's.

**KEYWORDS. DEA, Olympic Games, Efficiency.**

**Main area: DEA – Data Envelopment Analysis.**

## 1. Introdução

As aplicações de *Data Envelopment Analysis* (DEA) foram amplamente exploradas durante a década de 1990. Entre as aplicações desta metodologia, podem-se destacar análises nos setores de educação, saúde, transportes, indústrias, processos e esportes. Dentro deste contexto, segundo Horner (2001) é bastante abrangente a aplicação de pesquisa operacional em esportes.

Sob a ótica de aplicação de DEA em Jogos Olímpicos, estudos foram desenvolvidos com foco na análise da metodologia de ranking adotada pela organização da competição, destacando-se os trabalhos desenvolvidos por Soares de Mello et al. (2003) e Angulo Meza et al. (2002). Porém, é de extrema importância para a gestão dos esportes e a elaboração das políticas e diretrizes adotadas pelo Comitê Olímpico Brasileiro (COB) a análise dos resultados alcançados pelo Brasil, com base em parâmetros internos de alocação de recursos financeiros.

Neste contexto, objetivo do presente artigo é confrontar o modelo de investimentos públicos brasileiros para as diversas modalidades olímpicas e a conversão destes investimentos em resultados. Para tal, foi analisado o caso do Brasil nos Jogos Olímpicos de Pequim – China (2008), a partir da utilização da metodologia DEA, que calcula as eficiências relativas entre as modalidades e possibilita a classificação das mesmas e o estabelecimento de *benchmarks* para a modelagem adotada.

Para tal, foi utilizado o *software* SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão, apresentado por Angulo Meza et al. (2004) e desenvolvido com o objetivo de calcular os modelos DEA clássicos (CCR e BBC) e as variáveis envolvidas nestes modelos – eficiência, pesos, folgas, metas e *benchmarks*.

Desta forma, a primeira parte deste artigo apresenta a base teórica e conceituação do modelo DEA. O item 3 aborda, de forma sucinta, a participação do Brasil nos Jogos Olímpicos de Verão e os resultados alcançados na edição de 2008, realizada em Pequim – China. O item 4 apresenta a questão central e as questões secundárias que serão respondidas pela aplicação de DEA. A parte final do artigo apresenta a modelagem, os resultados e as conclusões utilizados no artigo, itens 5, 6 e 7, respectivamente. No último item, são apresentadas as referências bibliográficas.

## 2. Metodologia DEA

A modelagem DEA foi desenvolvida a partir de 1978, com o objetivo avaliar a eficiência relativa de uma ou mais unidades produtivas tomadoras de decisão (DMU – *Decision Making Unit*). Uma das vantagens para utilização de DEA para avaliação de eficiência é a possibilidade de mensurar a eficiência com uso de múltiplos dados de *inputs* e *outputs*.

Segundo Soares, Angulo-Meza, Gomes e Neto (2007), a eficiência é um conceito relativo, que compara, a partir da definição de uma fronteira possível de produção, os produtos gerados em determinado processo (*outputs*) com os que poderiam ter sido gerados, com o uso dos mesmos recursos (*inputs*). Este conceito estabelece que a eficiência de determinada unidade seja definida pelo quociente entre sua produtividade e a maior produtividade alcançada no conjunto de todas as unidades produtivas uma vez que a produtividade é definida como o quociente entre os produtos gerados no processo (*outputs*) e os recursos utilizados (*inputs*).

Para a aplicação de uma modelagem DEA, é necessário avaliar o relacionamento entre os *inputs* e *outputs*, refletido na definição da fronteira de produção de determinado conjunto de DMUs e nos retornos de escala. Sob esta ótica, existem 02 (duas) alternativas:

- Retornos constantes de escala, desenvolvido por Charnes et al. (1978), conhecido como modelo CRS – *constants returns to scale* – ou CCR – iniciais dos autores Charnes, Cooper e Rhodes.
- Retornos variáveis de escala, desenvolvido por Banker et al. (1984), conhecido como modelo VRS – *variable return to scale* – ou BCC – iniciais dos autores Banker, Charnes e Cooper.

Outro fator relevante são as possibilidades de orientação do modelo, que caracterizam a forma de tornar a DMU eficiente. De acordo com o caso a ser modelado em DEA, este pode ser orientado a *input* ou a *output*, sendo 02 (dois) direcionamentos distintos: na orientação a *input*,

busca-se a eficiência da DMU minimizando a utilização dos recursos; na orientação a *output*, busca-se a eficiência maximizando os produtos gerados. Existem alguns modelos mistos, que não serão foco de estudo neste artigo.

Segundo Soares, Angulo-Meza, Gomes e Neto (2007), para a definição das fronteiras de produção, existem 02 (dois) modelos DEA multidimensionais clássicos: CCR e BCC, para os quais, apresenta-se a seguir, a modelagem matemática. Neste artigo, será apresentada para o modelo CCR a modelagem proposta pelo Modelo do Envelope; para o BCC será apresentada a modelagem proposta pelo Modelo de Envelope e pelo Modelo dos Multiplicadores. Para ambos os modelos será apresentada a orientação a *output* para o cálculo das eficiências relativas, visto que é a orientação adotada na modelagem descrita no item 5.

O Modelo dos Multiplicadores determina as eficiências relativas e um conjunto de pesos ótimos para cada *input* e *output* do problema, possibilitando a determinação de *trade-offs*. O Modelo do Envelope, dual do Modelo dos Multiplicadores, permite o cálculo das eficiências relativas, *benchmarks*, folgas e metas a serem alcançadas e será aplicado na modelagem detalhada no item 5.

## 2.1 Modelo CCR

O modelo CCR (ou CRS) é caracterizado por definir uma fronteira de produção linear por partes e considera retornos constantes de escala. Neste sentido, uma variação nos *inputs* produzirá uma variação proporcional nos *outputs* e vice-versa. No modelo CCR, as DMUs devem ser homogêneas, ou seja, possuir o mesmo porte, atividade-fim e atuar sob as mesmas condições mercadológicas.

Sendo  $r$  o número de *inputs* e  $s$  o número de *outputs* definido para o modelo e  $k$  o número de DMUs que estão sendo avaliadas, tem-se o Modelo do Envelope, proposto por Charnes (1978):

$$\begin{aligned} & \text{Max } h_0 \\ & \text{Sujeito a} \\ & x_{io} - \sum x_{ik}\lambda_k \geq 0, \forall i \\ & -h_0y_{jo} + \sum y_{jk}\lambda_k \geq 0, \forall j \\ & \lambda_k \geq 0, \forall k \end{aligned}$$

Onde:

$0$  = DMU que está sendo observada

$h_0$  = valor inverso da eficiência ( $Eff = 1/h_0$ )

$x_{io}$  = valor do *input*  $i$  da DMU observada

$x_{ik}$  = valores dos *inputs*  $i$  da DMU  $k$ , sendo  $i = 1, \dots, r$

$y_{jk}$  = *outputs*  $j$  da DMU  $k$ , sendo  $j = 1, \dots, s$

$\lambda_k$  = representa a contribuição da DMU $_k$  para a projeção da DMU $_0$  na fronteira

Para o modelo CCR não será apresentado o Modelo dos Multiplicadores, uma vez que esta modelagem não foi utilizada no desenvolvimento do artigo.

## 2.2 Modelo BCC

O modelo BCC ou (VRS) é caracterizado por não considerar a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Logo, neste caso, um aumento ou diminuição nos *inputs* não gera, necessariamente, variação proporcional nos *outputs*, e vice-versa. O modelo BCC permite a avaliação de DMUs em diferentes escalas, porém sua avaliação de eficiência relativa é mais benevolente que a avaliação do modelo CCR.

Sendo  $r$  o número de *inputs* e  $s$  o número de *outputs* definido para o modelo e  $k$  o número de DMUs que estão sendo avaliadas, tem-se o modelo proposto por Banker (1984) para o Modelo dos Multiplicadores e para o Modelo do Envelope:

### Modelo dos Multiplicadores

$$\text{Min } Eff = \sum v_i x_{i0} + v^*$$

Sujeito a

$$\sum u_j y_{j0} = 1$$

$$-\sum v_i x_{ik} + \sum u_j y_{jk} - v^* \leq 0, \forall k$$

$$u_j \geq 0, v_i \geq 0, \forall i, j$$

$$v^* \in$$

Onde:

$u_j$  = peso do *output j*, sendo  $j = 1, \dots, s$

$v_i$  = peso do *input i*, sendo  $i = 1, \dots, r$

$y_{j0}$  = valor do *output j* da DMU observada

$v^*$  = fator de escala, dual associada à condição  $\sum \lambda_k = 1$  do Modelo do Envelope

As demais variáveis são as mesmas determinadas no item 2.1.

### Modelo do Envelope

$$\text{Max } h_0$$

Sujeito a

$$x_{i0} - \sum x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$$

$$-h_0 y_{j0} + \sum y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$$

$$\sum \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

Onde as variáveis são as mesmas determinadas no item 2.1 e no Modelo dos Multiplicadores, com o acréscimo de 01 (uma) restrição, referente ao axioma da convexidade (retornos variáveis de escala).

### 2.3 Benchmarks

O Modelo DEA também traz outra informação bastante útil a ser considerada na avaliação das DMUs. Para DMUs não eficientes, o modelo DEA traz *benchmarks* a serem observados, ou seja, estes *benchmarks* nada mais são que DMUs eficientes que devem ser tomadas como referências para aquelas ineficientes.

Segundo Mariano et al. (2006), a partir da modelagem do envelope (dual) e dos coeficientes  $\lambda_k$ , definidos abaixo, é possível determinar quais DMUs eficientes podem ser adotadas como *benchmarks* para que as DMUs ineficientes possam alcançar a eficiência.

Tais *benchmarks* mostram os alvos das DMUs não eficientes, indicando em que aspectos melhorar para que possa tornar-se eficiente. O alvo para uma DMU não eficiente é uma combinação linear das DMUs (eficientes) que são seus *benchmarks*.

Um caso especial de *benchmark* é a DMU eficiente que não é o seu próprio alvo. Nestes casos, dizemos que a DMU é fracamente eficiente.

Ilustrando, para uma DMU<sub>*i*</sub> não eficiente, o modelo DEA traria a combinação linear de suas DMUs de referência (*benchmarks*) da seguinte maneira:

Para a DMU<sub>*i*</sub>, o alvo seria  $\sum \lambda_k * Eff_{k_i}$ , onde:

DMU<sub>*i*</sub> = DMUs não eficientes, sendo  $i = 1, \dots, n$

$\lambda_k$  = coeficientes da combinação linear, sendo  $k = 1, \dots, m$ ; quanto maior o  $\lambda$ , maior a importância da DMU correspondente como referência para a DMU<sub>*i*</sub>.

$Eff_k$  = valor das eficiências das DMUs, sendo  $k = 1, \dots, m$

$n$  = número de DMUs não eficientes

$m$  = número de DMUs

### 3. Olimpíadas de Verão e o Caso Brasileiro em 2008

Os primeiros registros oficiais dos Jogos Olímpicos datam de 776 a.C, na Grécia e estes eram uma homenagem a Zeus, maior divindade da mitologia grega. Os jogos aconteciam a cada 04 (quatro) anos e, durante sua realização, as guerras, batalhas e combates eram interrompidos.

A primeira participação do Brasil ocorreu em 1920, nos jogos realizados em Antuérpia, na Grécia. Desde sua estréia nos jogos, o país participou de 20 (vinte) edições, não tendo representante apenas em 1928. Durante todo seu histórico nas Olimpíadas, o Brasil conquistou 91 (noventa e uma) medalhas, sendo 20 (vinte) de ouro, 25 (vinte e cinco) de prata e 46 (quarenta e seis) de bronze.

Sobre os Jogos Olímpicos de Verão de 2008, foco de análise deste artigo, realizados em Pequim, na China, o Brasil foi representado por uma delegação de 277 (duzentos e setenta e sete) atletas, sendo 144 (cento e quarenta e quatro) homens e 133 (cento e trinta e três) mulheres e participação em 32 (trinta e duas) modalidades (provas). Nesta edição dos Jogos Olímpicos, o número de atletas e modalidades em que o Brasil participou foram os maiores registrados no histórico da competição.

O Brasil participou em 2008 das seguintes modalidades olímpicas: atletismo, basquete, boxe, canoagem (velocidade e *slalom*), ciclismo (estrada e *mountain bike*), esgrima, futebol, ginástica (artística e rítmica), handebol, hipismo, judô, levantamento de peso, lutas, natação, nado sincronizado, maratona aquática, pentatlo moderno, remo, saltos ornamentais, *taekwondo*, tênis, tênis de mesa, tiro com arco, tiro esportivo, triatlo, vela, voleibol e vôlei de praia.

O resultado alcançado pelo Brasil foi: 03 (três) medalhas de ouro, 04 (quatro) medalhas de prata e 08 (oito) medalhas de bronze, destacando a participação recorde em 38 (trinta e oito) finais. Na tabela 1 abaixo é apresentado, com detalhes, a distribuição das medalhas conquistadas.

MODALIDADE	PROVA	ATLETA(S)	RESULTADO
Atletismo	Salto em distância feminino	Maurren Higa Maggi	OURO
Natação	50m livre masculino	César Cielo	OURO
Voleibol	Feminino	-	OURO
Futebol	Feminino	-	PRATA
Vela	<i>Star</i>	Bruno Prada e Robert Scheidt	PRATA
Vôlei de Praia	Masculino	Fábio Luiz e Márcio	PRATA
Voleibol	Masculino	-	PRATA
Futebol	Masculino	-	BRONZE
Judô	Leve feminino	Ketleyn Quadros	BRONZE
Judô	Leve masculino	Leandro Guilherme	BRONZE
Judô	Meio-médio masculino	Tiago Camilo	BRONZE
Natação	100m livre masculino	César Cielo	BRONZE
<i>Taekwondo</i>	+ 67 kg feminino	Natalia Falavigna	BRONZE
Vela	470 feminino	Fernanda Oliveira e Isabel Swan	BRONZE
Vôlei de Praia	Masculino	Emanuel e Ricardo	BRONZE

**Tabela 01:** Conquistas de Medalhas por Atletas Brasileiros nas Olimpíadas de Pequim, 2008

#### 4. Questão Central do Artigo e Questões Secundárias

O COB – Comitê Olímpico Brasileiro – foi fundado em 1914 com o objetivo de propagar os ideais olímpicos no Brasil. Este comitê trabalha pelo desenvolvimento do esporte nacional e pelo alcance de resultados internacionais relevantes nas diversas modalidades do esporte olímpico.

Longo, de acordo com esta política, o objetivo do Brasil em sua participação nos Jogos Olímpicos é apresentar resultados expressivos em todas as modalidades, maximizando as alternativas para a obtenção de medalhas e, conseqüentemente, alcançar melhores resultados no *ranking* geral de medalhas.

Além disso, o alcance de resultados expressivos em diferentes modalidades possui papel importante no aspecto social do país, pois estes estimulam a prática de esportes no país, uma vez que geram interesse da população e atraem investimentos em diferentes modalidades, inclusive nos esportes menos populares.

Neste contexto de busca pelo alcance de resultados expressivos nas diferentes modalidades olímpicas, o objetivo central deste artigo é avaliar a eficiência de cada esporte olímpico e a conversão dos investimentos feitos em resultados, utilizando como base o desempenho alcançado por cada modalidade nos Jogos Olímpicos de 2008, realizados em Pequim – China, utilizando a metodologia DEA para a análise.

A partir do objetivo principal, a aplicação da metodologia DEA, permite a análise das seguintes questões, consideradas secundárias neste trabalho.

- Em que esportes o Brasil deveria estar investindo seus recursos para alcançar melhores resultados nas olimpíadas de 2012 e de 2016?
- Quais esportes podem ser tomados como referência em relação ao seu modelo de investimento e a sua capacidade de alcançar resultados?
- Quais os esportes olímpicos mais eficientes no caso do Brasil?

#### 5. Modelagem

O presente tópico destina-se a apresentar o modelo, proposto neste trabalho, para avaliar a efetividade dos investimentos realizados nas diversas modalidades de esportes olímpicos no Brasil.

De uma maneira geral, foram 23 (vinte e três) modalidades de esportes em que o Brasil teve participação nos últimos Jogos Olímpicos de Verão, em 2008, na cidade de Pequim, China.

Diferentemente das 28 (vinte e oito) registradas no *website* do Comitê Olímpico Brasileiro (COB), foram agrupados natação, salto ornamental, nado sincronizado e maratona aquática em desportos aquáticos; vôlei de quadra e vôlei de praia em vôlei; e ginástica rítmica e artística como ginástica. Estes agrupamentos ocorreram, uma vez que, os dados da variável “Investimento Público do Brasil por esporte” estão consolidados desta maneira para tais esportes. Além disso, retirou-se deste trabalho a modalidade futebol, pois os dados de investimento neste esporte, anteriormente às Olimpíadas de 2008, não estão disponíveis para consulta no *website* do COB.

Neste contexto, as DMUs avaliadas são as **11** (onze), destas **23** (vinte e três) modalidades de esporte, que obtiveram pelo menos participação em partidas com disputa por medalha. Esta restrição do número de DMUs analisadas foi necessária devido a uma inviabilidade matemática, apresentada a seguir.

O modelo DEA utilizado nesta situação-problema é o **BCC** para o **Modelo do Envelope**. A justificativa para a seleção do modelo BCC é que, neste artigo, avaliar-se-ão modalidades esportivas que necessitam de diferentes níveis de investimentos para gerarem resultados e estimularem a prática do esporte, ou seja, compara a eficiência relativa de DMUs de portes diferentes. Além disso, os retornos de escala não são, necessariamente, proporcionais. Por exemplo, não é possível afirmar que dobrando uma variável de *input*, os resultados de *outputs* serão dobrados.

E a escolha do Modelo do Envelope deve-se ao fato de que, além de calcular a eficiência, ele também identifica os *benchmarks*, dentre as DMUs da fronteira eficiente, para as

DMUs ineficientes, ou seja, contribui para identificar, para aqueles esportes considerados ineficientes, a(s) modalidade(s) esportiva(s) de referência.

A **orientação é a output**, já que o objetivo principal de um país nas Olimpíadas é potencializar o número de medalhas conquistadas.

As variáveis de *input* do modelo proposto são:

<i>INPUT</i>	Recorte de tempo	Fonte de Dados
Nº de atletas/equipes por esporte	Olimpíadas de 2008	Site da UOL para as Olimpíadas de 2008 ( <a href="http://olimpiadas.uol.com.br/2008/atletas-brasileiros/">http://olimpiadas.uol.com.br/2008/atletas-brasileiros/</a> .)
Investimento público do Brasil por esporte, nos 02 anos que antecedem os Jogos de 2008	2006 e 2007	Demonstração de Aplicação dos Recursos técnico-financeiros de 2007 em cumprimento a Lei Agnelo/Piva. Disponível no site do COB ( <a href="http://www.cob.org.br/sobre_cob/agnelo_piva.asp?id=3">http://www.cob.org.br/sobre_cob/agnelo_piva.asp?id=3</a> .)
Nº de medalhas disponíveis por esporte	Olimpíadas de 2008	Site da UOL para as Olimpíadas de 2008 ( <a href="http://olimpiadas.uol.com.br/2008/quadro-de-medalhas/atletismo.jhtm">http://olimpiadas.uol.com.br/2008/quadro-de-medalhas/atletismo.jhtm</a> .)

**Tabela 02:** Variáveis de *input*

As variáveis de *output* do modelo proposto são:

<i>OUTPUT</i>	Recorte de tempo	Fonte de Dados
Nº de medalhas de ouro	Olimpíadas de 2008	Site do Comitê Olímpico Brasileiro ( <a href="http://www.cob.org.br/brasil_jogos/edicao_interna.asp?id=62">http://www.cob.org.br/brasil_jogos/edicao_interna.asp?id=62</a> .)
Nº de medalhas de prata	Olimpíadas de 2008	Site do Comitê Olímpico Brasileiro ( <a href="http://www.cob.org.br/brasil_jogos/edicao_interna.asp?id=62">http://www.cob.org.br/brasil_jogos/edicao_interna.asp?id=62</a> .)
Nº de medalhas de bronze	Olimpíadas de 2008	Site do Comitê Olímpico Brasileiro ( <a href="http://www.cob.org.br/brasil_jogos/edicao_interna.asp?id=62">http://www.cob.org.br/brasil_jogos/edicao_interna.asp?id=62</a> .)
Nº de disputas por medalha por esporte	Olimpíadas de 2008	Site da UOL para as Olimpíadas de 2008 ( <a href="http://olimpiadas.uol.com.br/2008/resultados/brasil-09-08.jhtm">http://olimpiadas.uol.com.br/2008/resultados/brasil-09-08.jhtm</a> .)

**Tabela 03:** Variáveis de *output*

Os dados para as variáveis de *input* e *output* são apresentados nas tabelas 04 e 05 abaixo, respectivamente. Optamos por apresentar os dados das 23 (vinte e três) modalidades, destacando as 11 (onze) que entraram para a análise pela metodologia DEA deste trabalho.

DMU'S (ESPORTES)	Nº DE ATLETAS	Nº DE ATLETAS/EQUIPES (AJUSTADO)	JUSTIFICATIVA DO AJUSTE	Nº DE MEDALHAS DISPONÍVEIS	INVESTIMENTOS EM R\$ MI (*10 <sup>6</sup> )
1 Atletismo	45	45	-	39	R\$ 4,165826
2 Handebol*	28	2	02 equipes: feminina e masculina	2	R\$ 4,319013

3	Desportos aquáticos	33	32	Modalidades: Natação (24); Salto Ornamental (4); Nado sincronizado (1 dueto) e Maratona Aquática (3)	32	R\$	4,635843
4	Vôlei	32	6	Volei de quadra: 02 equipes - feminina e masculina Volei de praia: 04 duplas	6	R\$	5,606802
5	Hipismo	13	13	-	10	R\$	3,536931
6	Judô	13	13	-	13	R\$	3,780829
7	Basquete*	12	1	Somente a equipe feminina	1	R\$	4,693971
8	Vela	12	12	-	8	R\$	6,160070
9	Ginástica	13	8	Ginástica Rítmica: 01 conjunto de 06 atletas Ginástica Artística: 07 atletas e 01 equipe feminina de 06 atletas	7	R\$	4,131845
10	Remo*	6	4	02 duplas de skiff duplo e 02 atletas na modalidade skiff simples	4	R\$	3,569069
11	Boxe*	6	6	-	6	R\$	2,198648
12	Ciclismo	5	5	-	5	R\$	2,638381
13	Tênis*	4	3	01 dupla e 02 atletas no simples	3	R\$	2,491122
14	Tênis de mesa*	4	4	-	4	R\$	2,902171
15	Taekwondo	3	3	-	3	R\$	1,367132
16	Triatlo	3	3	-	3	R\$	2,095628
17	Tiro esportivo*	2	2	-	5	R\$	2,737023
18	Canoagem*	2	2	-	2	R\$	2,751562
19	Esgrima*	2	2	-	2	R\$	1,221350
20	Tiro com arco*	1	1	-	1	R\$	1,297306
21	Levantamento de peso*	1	1	-	1	R\$	1,189685
22	Lutas*	1	1	-	1	R\$	1,141745
23	Pentatlo Moderno	1	1	-	1	R\$	1,294807

**Tabela 04:** Dados de Pequim, 2008 para as variáveis de *input*

 \*Modalidades que **não** entraram na análise.

DMU'S (ESPORTES)	Nº DE DISPUTAS POR MEDALHA	Nº DE MEDALHAS CONQUISTADAS (OURO)	Nº DE MEDALHAS CONQUISTADAS (PRATA)	Nº DE MEDALHAS CONQUISTADAS (BRONZE)
1 Atletismo	16	1	0	0
2 Handebol*	0	0	0	0
3 Desportos aquáticos	9	1	0	1
4 Vôlei	5	1	2	1
5 Hipismo	7	0	0	0
6 Judô	4	0	0	3
7 Basquete*	0	0	0	0
8 Vela	7	0	1	1
9 Ginástica	6	0	0	0
10 Remo*	0	0	0	0
11 Boxe*	0	0	0	0
12 Ciclismo	5	0	0	0
13 Tênis*	0	0	0	0

14	Tênis de mesa*	0	0	0	0
15	Taekwondo	2	0	0	1
16	Triatlo	3	0	0	0
17	Tiro esportivo*	0	0	0	0
18	Canoagem*	0	0	0	0
19	Esgrima*	0	0	0	0
20	Tiro com arco*	0	0	0	0
21	Levantamento de peso*	0	0	0	0
22	Lutas*	0	0	0	0
23	Pentatlo Moderno	1	0	0	0
<b>Total</b>		<b>74</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>

**Tabela 05:** Dados de Pequim, 2008 para as variáveis de *output*

\*Modalidades que **não** entraram na análise.

Nota: Esportes olímpicos que, eventualmente, o Brasil invista, porém não conseguiram vaga nas Olimpíadas de Pequim, 2008, não estão sendo considerados.

O *output* “Número de disputas por medalha”, foi adicionado como variável, por estar englobado nas análises qualitativas feitas pelo COB ao final das Olimpíadas.

A relevância desta variável apresenta-se, pois em uma disputa por medalha, não conquistá-la envolve outras variáveis como o emocional do atleta/equipe durante a competição e não, necessariamente, é uma consequência única da falta de recursos. Por isso, ignorar o número de disputas e considerar somente o número de medalhas conquistadas no modelo proposto poderia subestimar o desempenho de um esporte.

Observando as variáveis apresentadas acima, podem-se identificar as seguintes relações entre elas:

- Quanto maior o número de atletas/equipes participando por esporte (*input*), nas Olimpíadas, maior é a possibilidade de conquistar medalhas (ouro, prata e bronze) e maiores são as chances de disputar mais partidas que valham medalhas.
- Da mesma forma, pode-se analisar a relação entre o *input* “Investimento Público” e os *outputs*. Quanto maior o volume de investimentos em uma modalidade esportiva, melhores condições de treinamento e preparo para os Jogos Olímpicos terá e, conseqüentemente, maiores as chances de medalha ou, pelo menos, de participação em disputas por medalha.
- Por fim, o *input* “Nº de medalhas disponíveis” também segue a mesma relação: quanto maior o número de medalhas disponíveis para cada esporte, maiores as chances de conquista. O número de medalhas disponíveis por esporte depende do número de atletas/equipes disputando em cada prova das 11 (onze) modalidades avaliadas. Por exemplo, para a modalidade vôlei, em 2008, eram 02 (duas) equipes (feminina e masculina) disputando vôlei de quadra e mais 04 (quatro) duplas disputando vôlei de praia. Logo, o número de medalhas disponíveis para este esporte eram 06 (seis).

A **inviabilidade matemática**, citada acima, identificada nesta modelagem, caracteriza-se pelo seguinte: no modelo BCC orientado a *output* uma das restrições é o somatório das multiplicações entre os pesos das variáveis de *output* e os valores das próprias variáveis de *output* que deve ser igual a 1.

Na situação-problema em análise neste trabalho, para muitos esportes, os valores históricos de todos os *outputs* são iguais a zero. Logo, para estes esportes, este somatório não procede.

Sendo assim, para contornar este problema matemático, é que se decidiu por definir as DMUs como modalidades esportivas que obtiveram pelo menos participação em partidas com disputa por medalha (11) e, não mais, todas aquelas (23) com participação nas Olimpíadas de Pequim, em 2008; excluindo, desta forma, as DMUs com todos os valores de *outputs* iguais a zero.

Para tornar a avaliação mais próxima da realidade das intenções da delegação de um país nos Jogos Olímpicos e garantir que alguma DMU seja eficiente, foram adicionadas **três restrições** na modelagem do problema.

Estas restrições são Regiões de Segurança do tipo comparativo, para expressar a importância entre as variáveis. Como as restrições comparam importâncias somente entre os *outputs*, ela é denominada Região de Segurança I (Soares, Angulo-Meza, Gomes e Neto (2007)).

As restrições adicionadas ao modelo estão apresentadas abaixo, com as respectivas justificativas ao lado:

$v_o \geq v_p : v_o - v_p \geq 0$  | Medalha de ouro é de igual importância ou maior que medalha de prata.

$v_p \geq v_b : v_p - v_b \geq 0$  | Medalha de prata é de igual importância ou maior que medalha de bronze.

$v_b \geq v_d : v_b - v_d \geq 0$  | Medalha de bronze é de igual importância ou maior que disputar uma partida que valha medalha.

Logo,  $v_o - 2v_p + 2v_b - v_d \geq 0$  | A diferença entre ouro e prata é maior que entre prata e bronze que, por sua vez, é maior que a diferença entre bronze e disputa por medalha.

## 6. Resultados

As eficiências calculadas com o modelo proposto estão apresentadas na tabela abaixo. É importante lembrar, como mencionado no item anterior (5) deste artigo, que foram avaliadas, somente, as modalidades esportivas com, pelo menos, uma variável de output diferente de zero.

DMU'S (ESPORTES)		EFICIÊNCIA PADRÃO
1	Atletismo*	1,000000
2	Desportos aquáticos*	1,000000
3	Vôlei*	1,000000
4	Hipismo	0,274555
5	Judô	0,727490
6	Vela	0,480319
7	Ginástica	0,198350
8	Ciclismo	0,279798
9	<i>Taekwondo</i> *	1,000000
10	Triatlo	0,253612
11	Pentatlo Moderno*	1,000000

**Tabela 06:** Eficiências obtidas com o modelo proposto

O desempenho relativo do Brasil em cada um dos esportes nas Olimpíadas de Pequim, 2008, pode ser observado pelas eficiências calculadas.

Como análise geral pode-se apontar 05 (cinco) esportes como eficientes (atletismo, desportos aquáticos, vôlei, *taekwondo* e pentatlo moderno), destacados na tabela acima (\*). Observando os dados das variáveis de cada um destes esportes, seus valores para eficiência mostram-se coerentes.

Atletismo, por exemplo, ganhou 01 (uma) medalha de ouro, de maior importância, e disputou por mais 15 (quinze) das 39 (trinta e nove) medalhas disponíveis. Em desportos aquáticos, foram 02 (duas) medalhas conquistadas, ouro e bronze, e mais 07 (sete) disputadas. Vôlei apresenta 04 (quatro) medalhas conquistadas (01 de ouro, 02 de prata e 01 de bronze) das 05 disputas e das 06 disponíveis, sustentando sua eficiência. Estes 03 (três) esportes, inclusive, estão no grupo que possui os maiores investimentos, na ordem de R\$ 4 milhões ou mais.

Já *taekwondo* conquistou 01 (uma) medalha de bronze das 02 (duas) disputas que fez, frente as 03 disponíveis, com uma cifra de investimentos bastante inferior (pouco mais de R\$ 1 milhão).

Pentatlo moderno não conquistou nenhuma medalha nestas Olimpíadas, mas chegou à disputa por medalha. Por isso, acredita-se que o modelo o considere eficiente. Mas é uma exceção, pois como neste esporte não há eliminatórias, o atleta que chega às Olimpíadas já entra na disputa por medalha. E para o Brasil, que enviou apenas 01 (um) atleta para Pentatlo Moderno, havia somente 01 (uma) medalha disponível e que foi disputada. Mas em uma análise mais crítica e extrapolando o modelo DEA proposto, há de se observar que o Brasil pode aumentar seu desempenho neste esporte.

Os resultados deste modelo apontam ainda que os esportes com eficiência maior que 0 (zero) e menor que 1 (um) foram aqueles com poucas ou nenhuma medalha conquistada, frente as possibilidades que tinham (entende-se possibilidades como n° de medalhas disponíveis).

Judô, por exemplo, conquistou 03 (três) medalhas de bronze das 04 (quatro) disputadas, mas eram 13 (treze) disponíveis. Da mesma maneira, na Vela o Brasil conquistou 02 (duas) medalhas (prata e bronze) das 07 (sete) disputadas, mas havia 08 (oito) disponíveis. Em outros casos, como no Hipismo, Ginástica, Ciclismo e Triatlo, o Brasil não conquistou medalhas, mas participou de um número considerável de disputas por medalha.

Quanto aos investimentos realizados nestes esportes para Pequim, 2008, há uma variabilidade entre R\$ 1 e 5 milhões.

É sabido que na modelagem DEA, uma vez identificada a fronteira eficiente, é possível identificar os *benchmarks* para cada DMU ineficiente, ou seja, como mencionado no tópico 2.3, são DMUs eficientes que devem ser tomadas como referências para aquelas ineficientes.

Sendo assim, respondendo ao segundo item das questões orientadoras deste trabalho (Quais esportes podem ser tomados como referência em relação ao seu modelo de investimento e a sua capacidade de alcançar resultados?), os *benchmarks* apontados para cada DMU são apresentados na tabela abaixo. Lembrando que, para uma DMU eficiente, seus *benchmarks* são dados pela própria DMU eficiente.

DMU'S (ESPORTES)		BENCHMARKS
1	Atletismo	Atletismo
2	Desportos aquáticos	Desportos aquáticos
3	Vôlei	Vôlei
4	Hipismo	Atletismo, Vôlei e <i>Taekwondo</i>
5	Judô	Atletismo, Vôlei e <i>Taekwondo</i>
6	Vela	Vôlei
7	Ginástica	Atletismo, Vôlei e <i>Taekwondo</i>
8	Ciclismo	Atletismo, Vôlei e <i>Taekwondo</i>
9	<i>Taekwondo</i>	<i>Taekwondo</i>
10	Triatlo	Vôlei, <i>Taekwondo</i> e Pentatlo Moderno
11	Pentatlo Moderno	Pentatlo Moderno

Tabela 07: *Benchmarks* para DMUs

## 7. Considerações Finais

O presente artigo evidenciou que a modelagem proposta para análise da eficiência do Brasil em diferentes modalidades olímpicas é satisfatória e atendeu ao objetivo inicial.

Esta característica é refletida nos resultados apresentados no modelo, no qual somente 05 (cinco) modalidades se mostraram eficientes com a modelagem proposta – atletismo, desportos aquáticos, vôlei, *taekwondo* e pentatlo moderno.

Com base nos resultados evidenciados ao longo deste artigo, pode-se destacar como principal contribuição prática do mesmo o fato de que a modelagem DEA proposta apresenta-se como uma relevante ferramenta para a definição do direcionamento de recursos (ou seja, em que esportes é necessário investir e como este deve ser feito) por parte dos governos e comitês desportivos. É importante ressaltar que a modelagem também pode ser estendida para iniciativas privadas, que não foram tratadas neste artigo.

Além disso, os resultados apresentados permitem a avaliação de quais as modalidades olímpicas são potencialmente capazes, com base nos parâmetros atuais de investimento, de trazer resultados concretos para o Brasil na competição.

É importante ressaltar que, do ponto de vista teórico, não foram identificados na literatura consultada, a modelagem de DEA com os *inputs* e *outputs* propostos e análise da eficiência em esportes sob a abordagem adotada.

### Referências

- Angulo-Meza, L. e Lins, M. P. E.** (2002), Review of Methods for Increasing Discrimination in Data Envelopment Analysis, *Annals of Operations Research*, 116, 225-242.
- \_\_\_\_\_. **Santos, F. R.** (2009), An approach for ranking countries based on data envelopment analysis with multiple inputs and outputs: the Pan-American Games. IMA Sport 2009, Groningen. *Proceedings of the 2nd International Conference Mathematics in Sport - IMA Sport 2009*, 10-25.
- Barros, T. D., Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo-Meza, L. e Ramos, T. G.** (2010), Avaliação dos atrasos do transporte aéreo com um modelo DEA, *Revista Produção*, 20, 601-611.
- Comitê Olímpico Brasileiro.** 2007. Demonstrativo de Aplicação dos Recursos Técnico-financeiros. Disponível em: < [http://www.cob.org.br/sobre\\_cob/agnelo\\_piva.asp?id=3](http://www.cob.org.br/sobre_cob/agnelo_piva.asp?id=3)>. Acesso em 24-Nov-2010.
- \_\_\_\_\_. 2010. Olimpismo: sua origem e ideais. Disponível em: < [http://www.cob.org.br/movimento\\_olimpico/docs/cartilha\\_olimpismo.pdf](http://www.cob.org.br/movimento_olimpico/docs/cartilha_olimpismo.pdf) >. Acesso em: 23-Nov-2010.
- Cortez, L. C. S., Bottino, D. B., Paschoalino, F. F. e Soares de Mello, J. C. C. B.,** Estudo da eficiência dos times de futebol que mais investiram em jogadores para temporada 2008-2009, *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, vol. 10, n. 2, Universidade Federal Fluminense, 2010 (<http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/index.htm>).
- Gomes, E. G., Soares de Mello, J. C. C. B. e Lins, M. P. E.** (2001), Uso de análise envoltória de dados e auxílio multicritério à decisão na análise dos resultados das olimpíadas 2000, *Anais do VI ENEGEP*.
- \_\_\_\_\_. **Lins, M. P. E., Mello, A. J. e Soares de Mello, J. C. C. B.** (2003), Olympic Ranking Based on a Zero Sum Gains DEA Model, *European Journal of Operational Research*, 148, 312-322.
- Maçada, A. C. G. e Rios, L. R.** (2006), Analyzing the Relative Efficiency of Container Terminals of Mercosul using DEA, *Maritime Economics and Logistics*, 8 (4), 331-346.
- Mariano, E. B., Almeida, R. M. e Rebelatto, D. A. N.** (2006), Peculiaridades da Análise por Envoltória de Dados, *Anais do XII SIMPEP*.
- Site da UOL para as Olimpíadas de 2008.** Disponível em: <<http://olimpiadas.uol.com.br/2008>>. Acesso em 14-Nov-2010.
- Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo-Meza, L., Gomes, E. G. e Neto, L. B.** (2007), Curso de Análise de Envoltória de Dados, *Atas do XXXVII SBPO*, 2520-2547.