

DEA PARA SUPORTE A FORMULAÇÃO TÁTICA DE EQUIPES DE FUTEBOL

Carlos André Faccini dos Santos

Universidade Federal Fluminense (UFF)
carlosandre.faccini@hotmail.com

Lidia Angulo Meza

Universidade Federal Fluminense (UFF)
lidiaangulomeza@id.uff.br

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Universidade Federal Fluminense (UFF)
jcsmello@producao.uff.br

RESUMO

Os esportes mais populares do mundo atraem cada vez mais espectadores e movem mercados de grande relevância na economia. Novas tecnologias são aplicadas desde o aprimoramento físico dos atletas até métodos de transmissão mais modernos. Porém em uma área do esporte o conhecimento tácito adquirido por tradicionais conhecedores ainda é mais valorizado: a área técnica. No entanto DEA como ferramenta de apoio a decisão mostra-se eficaz quando dados e estatísticas de detalhes das partidas estão disponíveis. Neste artigo será aferida a qualidade da Modelagem em DEA para suporte a decisão de alterações táticas no futebol. O Modelo utiliza variáveis relativas às ações dos jogadores dentro de campo para gerar a eficiência das equipes nos setores de Defesa, Ligação e Ataque. Será calculada a eficiência das equipes ao longo do Campeonato Brasileiro de 2011 para comparação com acontecimentos reais, permitindo uma avaliação da evolução do desempenho das equipes isenta de parcialidade.

PALAVRAS CHAVE: DEA; análise temporal; eficiência; apoio a decisão; Futebol.

DEA – Análise Envoltória de Dados; OA – Outras Aplicações em PO.

ABSTRACT

The most popular sports around the world attract a great number of viewers and are responsible for relevant markets in the economy. New technologies have been applied from the physical improvement of the athletes to modern methods of broadcasting. However, on the technical aspect of sports, tacit knowledge acquired by traditional experts is more valuable than new technologies. In spite of that, DEA as a tool for decision aid can be effective when data and statistical details are available. On this paper, a DEA model for decision aid support on tactical change in soccer will be evaluated. The model uses actions from the players on the game field to generate efficiency scores for Defense, Middle and Offense sectors. The efficiency on different moments of the 2011 Brazilian Championship will be compared with real facts, allowing team's evolution evaluation without partiality.

KEYWORDS: DEA; evaluation through time; efficiency; decision aid; Soccer.

DEA – Data Envelopment Analysis; OA – Other Applications in OR.

1. Introdução

Os esportes de massa atraem muitos espectadores e fazem cada vez mais parte do dia a dia da população. Como consequência, esportes mais populares, como o basquete e futebol americano nos Estados Unidos ou o futebol no Brasil e Europa, se tornaram verdadeiras indústrias com um mercado que movimenta fortemente a economia. Logo é relevante que os clubes administrem suas equipes com eficiência.

Novas tecnologias são utilizadas para aprimorar o esporte, como na melhoria de condicionamento físico dos atletas ou melhores formas de transmitir partidas. No entanto a área técnica continua tendo os antigos conhecedores de cada esporte como referências de qualidade. Estes profundos conhecedores do esporte poderiam, no entanto, contar com novas técnicas de avaliação para fornecer apoio a decisões de cunho tático.

O objetivo deste trabalho é verificar se o modelo proposto por Faccini dos Santos et al. (2011) é capaz de orientar a decisão de mudanças táticas pela análise de alvos e benchmarks de cada equipe, utilizando como fonte de informação as ações realizadas dentro de campo pelos jogadores. Para isso será feita a análise temporal da evolução das equipes ao longo do campeonato, sendo cruzadas suas eficiências com suas colocações reais em cada momento e observando mudanças táticas realizadas entre os períodos de avaliação.

Aizemberg et al. (2011) utiliza modelagem DEA para medir a eficiência de times de basquete pertencentes a NBA nas temporadas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010 e 2010-2011. Neste contexto, cada DMU é uma equipe em uma diferente temporada, a folha de pagamentos de cada time e a média de público dos seus jogos em casa são os inputs enquanto o número de vitórias e a média de pontos por jogo de cada time são os outputs. O artigo fez a avaliação da eficiência das equipes da NBA durante cinco temporadas, mostrando a evolução das equipes com o passar dos anos na análise temporal, e em seguida a observação de possíveis alvos para equipes não eficientes, usando DEA Multiobjetivo. Nota-se a presença da análise temporal com modelagem DEA, porém esta não apresenta resultados que tenham causalidade com decisões táticas.

Bragança et al. (2011) e Cortez et al. (2010) apresentam propostas de análise de eficiência DEA em esportes, contudo incluindo também o fator financeiro na análise, podendo desequilibrar as DMUs em questão e desviando o foco da avaliação de desempenho das equipes nos fundamentos dos esportes analisados.

Outras aplicações de DEA em esportes podem ser verificadas em Soares de Mello et al. (2009), Sánchez et al. (2007) e Anderson (2006).

Faccini dos Santos et al. (2011) apresenta uma abordagem para avaliação de eficiência no futebol, com enfoque nas ações dos jogadores dentro de campo utilizando DEA. O autor defende que a discrepância no tamanho dos clubes, sua torcida e investimento são muitas vezes irrelevantes no que tange o desempenho em jogo, e que clubes grandes e pequenos sofrem com oscilações, mas devem sempre buscar um alto nível técnico para possuir condições de disputar títulos.

Com o modelo que avalia os setores de Defesa, Ligação e Ataque, foi possível realizar inferências coerentes com o desempenho real das equipes. Foi apresentada então a hipótese que a aplicação recorrente do modelo com os dados de rodadas consecutivas poderia identificar a oscilação de desempenho e expor as lacunas das equipes, permitindo a evolução contínua em busca da melhoria técnica.

Para avaliar esta possibilidade, neste trabalho é feita a análise temporal utilizando este modelo em quatro momentos distintos do Campeonato Brasileiro de 2011 e observando a situação real de cada equipe, destacando também alterações táticas ou aquisições e vendas de jogadores ocorridas entre estes períodos.

Na seção 2 será apresentada a técnica da Análise Envoltória de Dados (DEA) com suas variações utilizadas neste trabalho. Nas seções 3 e 4 serão apresentados o modelo de avaliação utilizado e a forma de sua aplicação no Campeonato Brasileiro de 2011 respectivamente. Serão então destacados na seção 5 alguns resultados e inferências produzidos com a aplicação, seguida então das principais conclusões na seção 6.

2. Análise Envoltória de Dados

Charnes et al. (1978) apresentaram a Análise Envoltória de Dados como um método não paramétrico utilizado para calcular a eficiência comparada de Decision Making Units (DMUs) que podem operar com o uso de múltiplos inputs e outputs.

As DMUs compõem em DEA um universo limitado com sistemática produtiva igual, gerando um conceito relativo de eficiência, já que dentro deste universo será estabelecida uma fronteira de eficiência baseada nas DMUs de melhor desempenho, enquanto as demais são ineficientes em relação ao que poderiam estar produzindo segundo a fronteira.

A aplicação da modelagem em DEA precisa levar em conta a relação entre as variáveis (inputs e outputs) do processo produtivo, já que a existência ou não de ganhos de escala impactam na definição da fronteira de eficiência.

Neste contexto Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram o CCR considerando retornos constantes de escala, isto é, proporcionalidade entre as variáveis do modelo. O BCC proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984) leva em consideração retornos variáveis de escala, isto é, não necessita que haja proporcionalidade entre as variáveis.

No PPL (1) está descrito o modelo CCR para cálculo da eficiência da DMU 0, onde x_i são os inputs, y_j outputs e v_i e u_j são os pesos dados aos inputs e outputs respectivamente.

No PPL (2) está descrito o modelo BCC para cálculo da eficiência da DMU 0, onde x_i são os inputs, y_j outputs e v_i e u_j são os pesos dados aos inputs e outputs respectivamente. A variável u^* é o coeficiente de escala que tem valor irrestrito e quando > 0 indica ganhos crescentes de escala, quando < 0 indica ganhos decrescentes de escala.

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_0 &= \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \\ u_j, v_i &\geq 0, \forall j, i \end{aligned}$$

(1)

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_0 &= \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} + u_* \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} &= 1 \\ - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u_* &\leq 0, \forall k \\ u_j \geq 0, v_i \geq 0, &\forall j, i \\ u_* &\in \mathbb{R} \end{aligned}$$

(2)

A Figura 1 de Soares de Mello et al. (2005) ilustra as fronteiras geradas pelos modelos CCR e BCC para um mesmo grupo de DMUs para o caso de apenas um Input e um Output. Pode-se observar que o BCC é mais benevolente que o CCR, já que toda DMU estará no BCC sempre a mesma distância ou mais próximo da fronteira quando comparada com a distância em relação à fronteira CCR. As eficiências para o caso da orientação a Output são dadas por O^*/O e O^{**}/O para o BCC e o CCR respectivamente.

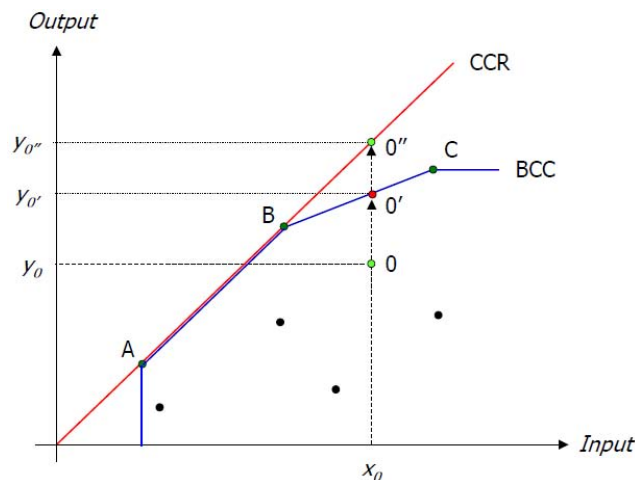


Figura 1 – Modelos CCR e BCC com par único Input-Output

Com o objetivo de alterar o ponto de vista do processo produtivo, identificando os pontos fracos das DMUs, será utilizada a Fronteira Invertida em DEA, que é calculada transformando inputs em outputs e vice versa, como mostra a Figura 2. No caso do presente artigo, avaliar pontos fracos de uma equipe permite identificar características que podem ser exploradas pelo adversário.

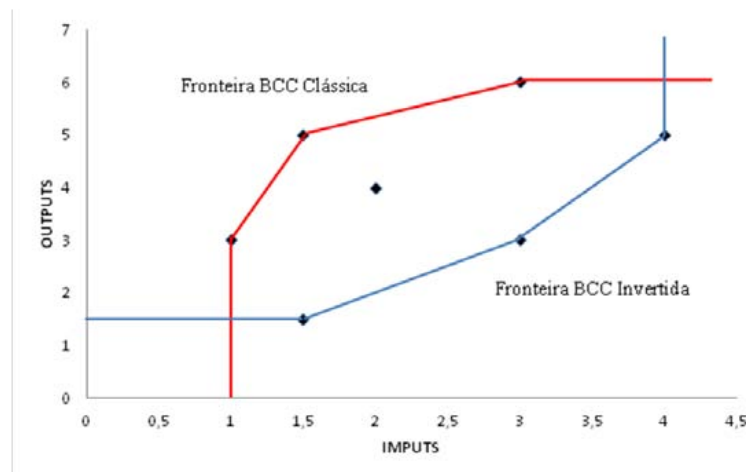


Figura 2 – Fronteiras Clássica e Invertida no modelo BCC

Existe a necessidade neste trabalho de analisar as DMUs em momentos diferentes no tempo com objetivo de verificar mudanças e tendências. Para tal existem dois métodos conhecidos: o primeiro usado quando há intenção de avaliar a relação entre eficiência e mudança tecnológica das DMUs em questão, para isso é calculado o índice Malmquist que pode ser melhor compreendido em Färe et al. (1998). A segunda abordagem é a utilização de janelas de tempo apresentada por Charnes et al. (1994) em um estudo sobre manutenção de caças da Força Aérea dos Estados Unidos onde dados foram obtidos para quatorze esquadrões de caças táticos da Força Aérea dos EUA em janelas de três meses. Cada esquadrão avaliado é representado por uma diferente DMU em cada um dos três meses sucessivos, totalizando 42 DMUs. Essa última abordagem foi a selecionada para esse artigo sendo cada equipe em um determinado período tratada como uma DMU diferente. Aplicações deste tipo podem ser vistas em Cooper et al. (2000) e Soares de Mello et al. (2003).

Como conseqüência desta abordagem, o número de DMUs avaliadas é aumentado significativamente. O resultado deste aumento é uma melhoria na discriminação do modelo apresentado por Faccini dos Santos et al. (2011).

3. Modelagem DEA

O modelo utilizado permite avaliar a eficiência dentro de campo das equipes. E este se mostra eficiente por produzir resultados coerentes com as tendências reais de evolução das equipes, que não seriam óbvias apenas observando a colocação das equipes na tabela.

A construção do modelo foi realizada com a utilização dos resultados reais produzidos dentro de campo. Devido ao grande volume de dados produzidos pelas ações em campo, foi utilizado o Método Multicritério de Seleção de Variáveis para garantir que fosse obtida uma melhor discriminação do modelo mantendo a representatividade. Outros métodos de seleção de variáveis podem ser consultados em Senra et al. (2007). Além da seleção de variáveis, outras formas de aumento da discriminação entre as DMUs podem ser consultados em Angulo Meza et al. (2002).

O resultado final do modelo, eficiência conjunta, é produzido pela junção dos resultados de três modelos menores com objetivos distintos que medem as eficiências nos setores de Ataque, Ligação e Defesa. As características dos modelos de cada setor podem ser observadas na Tabela 1.

Modelo	BCC / CCR	Orientação	Objetivo	Inputs (Outputs Indesejáveis)	Outputs
Defesa	BCC	Input	Evitar sofrer gols	Gol Sofrido (GS) Falta Cometida (FC)	Defesa Difícil (DD) Roubada de Bola (RB)
Ligação	BCC	Output	Intensificar posse de bola	Passe Errado (PE)	Roubada de Bola (RB) Falta Sofrida (FS) Assistência (A)
Ataque	BCC	Output	Fazer Gols	Finalização para Fora (FF)	Gol (G) Assistência (A) Falta Sofrida (FS)

Tabela 1 – Modelo para avaliação da eficiência dentro de campo

O modelo de Ataque BCC Orientado a Output tem como objetivo avaliar a eficiência da equipe em fazer gols. Este objetivo não significa que a equipe que possui mais gols necessariamente é a mais eficiente, pois ela pode ter alcançado esta marca com uma configuração ineficiente de ações de ataque.

O modelo de Ligação BCC Orientado a Output tem como objetivo avaliar a eficiência da equipe em aumentar seu volume de jogo, fazendo a ligação da defesa ao ataque. Este objetivo é representado por ações em campo que influenciam diretamente na manutenção da posse de bola.

O modelo de Defesa BCC Orientado a Input tem como objetivo avaliar a eficiência da equipe em evitar sofrer gols. Assim como no modelo de Ataque, a equipe que sofre mais gols não é necessariamente a mais ineficiente, pois mesmo sofrendo um elevado número de gols, a equipe pode ter sido muito atacada e ter tido sucesso em ações que evitaram sofrer mais gols.

Para cada um dos três modelos foram selecionadas como candidatas a participação de cada um todas as variáveis que possuem relação com cada objetivo, e as variáveis mais representativas foram selecionadas pelo Método Multicritério de Seleção de Variáveis. Desta forma, cada modelo avalia a eficiência da equipe em um objetivo, e uma mesma variável pode

ter influência em diferentes objetivos. Como a Roubada de Bola (RB), que diminui o volume de jogo do adversário diminuindo as chances de sofrer gol para o modelo de Defesa, enquanto para o modelo de Ligação significa aumento de posse de bola da equipe.

Os modelos não avaliarão os jogadores de ataque, meio campo e defesa separadamente, mas sim a equipe como um todo, mesmo que em momentos os defensores por vezes ataquem ou atacantes ajudem na defesa. A análise feita desta maneira permite avaliar se existe equilíbrio na equipe em relação aos diferentes objetivos, considerando que todos possuem a mesma importância para eficiência da equipe como um todo.

4. Estudo de Caso no Campeonato Brasileiro de 2011

O Campeonato Brasileiro é composto por 20 equipes, em que cada uma joga contra todas as demais equipes duas vezes, um jogo em casa e outro fora de casa, totalizando 38 rodadas. Assim o efeito de jogar em casa beneficia a todos igualmente e todas as equipes possuem a dificuldade de adversários também nivelada, pois todos jogam contra todos. Cada vitória rende a uma equipe 3 pontos, empate 1 ponto para ambas as equipes e derrota nenhum ponto. A equipe que acumula ao final das 38 rodadas o maior número de pontos é a equipe campeã, formato de campeonato chamado pontos corridos.

No presente trabalho não serão julgados os critérios de pontuação do campeonato e não será apontada a equipe teoricamente merecedora de vencer o mesmo. É reconhecido que o futebol proporciona resultados imprevisíveis e que no mesmo campeonato, partidas de nível técnico discrepante podem render os mesmos pontos. No entanto, defende-se que a equipe que mantém um bom nível técnico em relação aos concorrentes possui condições de disputar o título, então este artigo propõe a busca e manutenção do alto nível técnico.

O Campeonato Brasileiro de 2011 aconteceu entre 21 de Maio e 4 de Dezembro deste mesmo ano, e foi um dos campeonatos mais disputados desde que assumiu o formato de pontos corridos. As 20 equipes participantes do campeonato estão representadas na Tabela 2.

AméricaMG	Bahia	Cruzeiro	Internacional
AtléticoGO	Botafogo	Figueirense	Palmeiras
AtléticoMG	Ceará	Flamengo	Santos
AtléticoPR	Corinthians	Fluminense	SãoPaulo
Avaí	Coritiba	Grêmio	Vasco

Tabela 2 – Equipes participantes do Campeonato Brasileiro de 2011

Devido ao longo período em que o campeonato é disputado, as equipes sofrem frequentemente com a irregularidade de desempenho de alguns jogadores e também muitos lesionados. Ao mesmo tempo existem ao longo do ano janelas de transferência onde as equipes podem comprar, vender ou emprestar jogadores. Desta maneira existe a possibilidade de o elenco da equipe sofrer alterações induzidas ou não.

Além das mudanças no elenco, os treinadores podem optar por diferentes formações da equipe e nova organização tática, sempre buscando melhoria no desempenho global.

A proposta deste estudo é avaliar a eficiência de cada equipe em nos quatro diferentes períodos do Campeonato Brasileiro de 2011 e verificar como o desempenho das equipes oscilou ao longo do campeonato. Com os resultados da oscilação serão verificadas que ações táticas foram tomadas ou não pelos treinadores que possam justificar tal oscilação.

Os quatro momentos medidos foram as rodadas 9, 19, 27 e 38. Cada DMU utilizada no modelo representa uma equipe em um destes momentos, totalizando 80 DMUs. As variáveis contabilizadas são as ações em campo destacadas na Tabela 1 acumuladas em cada período entre estas rodadas. Como exemplo, os Inputs do Modelo de Ataque para a DMU 19-Coritiba são todas as Finalizações para Fora (FF) realizadas pelos jogadores do Coritiba da 10^a a 19^a rodada.

5. Resultados

Foram calculadas as eficiências padrão e eficiência em relação a fronteira invertida para as 80 DMUs nos 3 sub-modelos de Ataque, Ligação e Defesa. A utilização da fronteira invertida é válida para a análise das deficiências apresentadas pelas DMUs que podem ser utilizadas por seus adversários contra elas. Todos os cálculos foram feitos utilizando o software SIAD de Angulo Meza et al. (2005), que fornece a Eficiência Composta de cada DMU pela média simples das eficiências em relação as duas fronteiras.

O modelo de Faccini dos Santos et al. (2011) faz a ordenação das DMUs pelo cálculo da Eficiência Conjunta, que é a média simples das Eficiências Compostas calculadas nos modelos de Ataque, Ligação e Defesa. Desta forma, a DMU mais eficiente é aquela que apresenta maior equilíbrio em cada setor e em toda equipe ao mesmo tempo. A ordenação final pela Eficiência Conjunta pode ser consultada na Tabela 3, enquanto as eficiências em cada setor podem ser consultadas no Anexo I.

Posição	DMU	Comp	Posição	DMU	Comp	Posição	DMU	Comp	Posição	DMU	Comp
1	38-Santos	95%	21	27-Figueirense	80%	41	19-Fluminense	75%	61	9-Coritiba	68%
2	19-AtléticoPR	92%	22	27-Vasco	80%	42	27-Bahia	74%	62	9-AméricaMG	68%
3	19-Ceará	88%	23	27-Fluminense	80%	43	38-Botafogo	74%	63	19-AtléticoMG	67%
4	27-Flamengo	88%	24	38-Coritiba	80%	44	27-SãoPaulo	74%	64	19-Coritiba	67%
5	38-Vasco	86%	25	38-Grêmio	79%	45	38-AtléticoPR	73%	65	19-Grêmio	66%
6	19-Flamengo	86%	26	38-Internacional	79%	46	19-Santos	73%	66	27-Grêmio	65%
7	9-Palmeiras	85%	27	27-Ceará	78%	47	9-Grêmio	73%	67	19-Internacional	65%
8	9-Flamengo	85%	28	27-AméricaMG	78%	48	19-Botafogo	72%	68	19-Avaí	64%
9	38-Corinthians	85%	29	9-Ceará	78%	49	38-AméricaMG	72%	69	27-AtléticoMG	64%
10	38-Bahia	84%	30	19-SãoPaulo	78%	50	38-AtléticoGO	72%	70	9-Figueirense	64%
11	9-Botafogo	83%	31	38-Flamengo	78%	51	9-SãoPaulo	71%	71	27-AtléticoGO	64%
12	27-Corinthians	83%	32	27-Botafogo	77%	52	9-AtléticoPR	71%	72	19-Figueirense	64%
13	19-Cruzeiro	82%	33	19-Bahia	77%	53	38-SãoPaulo	71%	73	9-AtléticoGO	63%
14	38-Fluminense	82%	34	9-Cruzeiro	77%	54	9-Bahia	70%	74	27-Palmeiras	63%
15	9-Corinthians	82%	35	27-Santos	77%	55	38-Palmeiras	69%	75	9-Santos	63%
16	9-Fluminense	82%	36	27-Internacional	76%	56	9-Vasco	69%	76	27-Cruzeiro	62%
17	38-AtléticoMG	82%	37	19-Vasco	76%	57	27-Coritiba	69%	77	9-AtléticoMG	62%
18	9-Internacional	82%	38	19-Palmeiras	76%	58	27-AtléticoPR	69%	78	19-AméricaMG	60%
19	38-Figueirense	81%	39	38-Avaí	75%	59	27-Avaí	69%	79	38-Ceará	54%
20	19-Corinthians	80%	40	38-Cruzeiro	75%	60	19-AtléticoGO	68%	80	9-Avaí	52%

Tabela 3 – Ordenação com base na Eficiência Conjunta (Ataque, Ligação e Defesa).

A DMU 38-Santos foi a mais eficiente, sendo explicado pelo fato de o Santos ter sido a equipe que mais se destacou pela sua qualidade e conjunto em 2011, tendo conquistado a Taça Libertadores da América, que é o principal campeonato da América do Sul. O Santos não obteve um bom resultado no Campeonato Brasileiro de 2011 justamente por ter disputado outro campeonato em paralelo, e assim ter utilizado sua equipe reserva principalmente no início do campeonato. Como prova, 9-Santos obteve apenas a 75ª colocação na ordenação final.

Como destaque negativo, apesar de o Ceará ter iniciado bem o campeonato, com a DMU 19-Ceará na 3ª colocação e estando neste momento em 13ª no campeonato. A DMU 38-Ceará obteve a 79ª colocação deixando clara uma queda de rendimento da equipe, que foi rebaixada ao final do campeonato.

5.1. Comparação da evolução em DEA comparada com a Evolução Real

Os resultados do modelo possuem uma robustez grande em relação aos acontecimentos reais ao longo do campeonato. As eficiências são calculadas pelo modelo com base nas ações dentro de campo, enquanto a colocação na tabela é definida pelo acúmulo de pontos das equipes. Mesmo sabendo que pela imprevisibilidade do futebol, a equipe que vence e ganha os 3 pontos pode não ter sido a melhor em campo, é possível observar que as equipes que mantêm regularidade em campo tendem a obter também bons resultados de pontuação.

No Anexo II a evolução das 4 DMUs de cada equipe, representando a oscilação em seu desempenho ao longo do campeonato, podem ser comparadas com a colocação da equipe na rodada de medição de cada período. E esta análise valida a qualidade de avaliação de eficiência do modelo.

O Corinthians, campeão da edição de 2011 do Campeonato Brasileiro, teve sua DMU de melhor desempenho (38-Corinthians) apenas na 9ª colocação. No entanto foi a única equipe que manteve regularidade ao longo de todo o campeonato, já que sua pior DMU foi a 19-Corinthians que ficou na 20ª colocação na ordenação do modelo. Desta forma, mesmo marcando menos gols de Fluminense e Vasco, a regularidade em seu bom desempenho em todos os setores lhe garantiu a manutenção no topo da tabela e a vitória ao final do campeonato, como pode ser observado na Tabela 4.

DMU	Colocação DEA	Colocação Real
9-Corinthians	15	1
19-Corinthians	20	1
27-Corinthians	12	2
38-Corinthians	9	1

Tabela 4 – Desempenho das DMUs Corinthians.

O caso oposto pode ser visto pelo desempenho do Avaí e América MG apresentados na Tabela 5, que tiveram todas suas DMUs com baixa eficiência ao longo de todo o campeonato. Assim se mantiveram sempre na parte baixa da tabela e foram rebaixados.

DMU	Colocação DEA	Colocação Real	DMU	Colocação DEA	Colocação Real
9-Avaí	80	19	9-AméricaMG	62	18
19-Avaí	68	18	19-AméricaMG	78	20
27-Avaí	59	19	27-AméricaMG	28	20
38-Avaí	39	20	38-AméricaMG	49	19

Tabela 5 – Desempenho das DMUs do Avaí e América MG.

O 2ª e 3ª colocados no campeonato, Vasco e Fluminense respectivamente, marcaram muitos gols e tiveram uma evolução ao longo do campeonato que pode ser observada pelo aumento da eficiência das suas DMUs em sequencia também com reflexo em sua posição real na tabela de colocação do campeonato, como apresentado na Tabela 6. No entanto, perdem para o Corinthians pelos momentos ruins que ocorreram ao longo do campeonato, explicitados pelas eficiências das DMUs 9-Vasco e 19-Fluminense.

DMU	Colocação DEA	Colocação Real	DMU	Colocação DEA	Colocação Real
9-Vasco	56	7	9-Fluminense	16	9
19-Vasco	37	4	19-Fluminense	41	11
27-Vasco	22	1	27-Fluminense	23	5
38-Vasco	5	2	38-Fluminense	14	3

Tabela 6 – Desempenho das DMUs do Vasco e Fluminense.

Na Tabela 7, o Flamengo apresentou uma sequencia de boa eficiência e regularidade em suas 3 primeiras DMUs, que ocuparam a 8ª, 6ª e 4ª colocações na ordenação do modelo. Durante este período acumulou pontos e se manteve no topo da tabela. A DMU 38-Flamengo mostra uma queda de rendimento brusca da equipe, que terminou o campeonato na 4ª colocação apenas devido ao acúmulo de pontos das etapas anteriores.

DMU	Colocação DEA	Colocação Real
9-Flamengo	8	2
19-Flamengo	6	2
27-Flamengo	4	6
38-Flamengo	31	4

Tabela 7 – Desempenho das DMUs Flamengo.

5.2. Escolha de Benchmarks para exemplificar o uso do modelo ao indicar mudanças táticas

A avaliação da evolução do desempenho das DMUs mostra que as ineficientes de fato representam momentos de operação em baixa qualidade técnica das equipes. Desta forma, DMUs ineficientes podem utilizar os resultados da Análise Envoltória de Dados para observar equipes que operam (jogam) de forma semelhante, porém com desempenho maior, e traçar metas de melhoria para alguns fundamentos mal desempenhados pelos jogadores.

Para realizar a análise de Benchmarks e Alvos utilizando o modelo proposto, é necessário observar os objetivos e traçar metas para cada setor (Ataque, Ligação e Defesa), pois cada um é calculado por uma modelagem independente. A melhoria da eficiência em cada setor em relação as fronteiras padrão e invertida representam diretamente a melhoria da eficiência Conjunta calculada para a ordenação das equipes.

A Tabela 8 mostra que a DMU 19-Fluminense tem como Benchmark a DMU 38-Fluminense no modelo de ataque. O Fluminense contratou durante o campeonato 3 jogadores ofensivos: Rafael Sobis, Martinuccio e Lanzini. Destes, Rafael Sobis foi o jogador que mais atuou, tendo marcado 10 gols estando disponível apenas pela segunda metade do campeonato. O atacante Rafael Moura que ficou disponível por todo o campeonato marcou os mesmos 10 gols. Sendo assim, o Fluminense possuía deficiência no ataque, e tomou a decisão acertada que contratar um atacante melhor, tendo sua eficiência aumentada ao longo do campeonato no setor.

	38-Corinthians	38-Fluminense	38-Santos
19-Fluminense	7,60%	39,24%	53,17%

Tabela 8 – Bechmarks da DMU 19-Fluminense.

9-Palmeiras é Benchmark de 9-Avaí no modelo de Ligação como mostra a Tabela 9. O Meia Lincoln que jogou 6 partidas pelo Palmeiras foi emprestado ao Avaí com a incumbência de melhorar o desempenho do setor da equipe. O jogador foi titular do Avaí ao longo de todo o campeonato, tendo relativo sucesso na melhoria do setor, como prova a DMU 38-Avaí com 100% de eficiência no setor de Ligação. No entanto, o desempenho geral do Avaí não evitou seu rebaixamento no campeonato.

	9-Palmeiras	38-Avaí	38-Santos
9-Avaí	47,70%	38,28%	14,02%

Tabela 9 – Bechmarks da DMU 9-Avaí.

É notório que a análise de Benchmarks e Alvos não é única e suficiente para tomada de decisões de contratações de jogadores ou opções táticas. Mas fica comprovado que esta análise fornece um auxílio a tomada de decisão isenta de parcialidade.

6. Conclusão

A utilização do modelo proposto por Faccini dos Santos et al. (2011) apresentou resultados coerentes com a realidade, mostrando que apesar de o futebol ser um esporte em que o conhecimento tácito é ainda considerado a principal base para tomada de decisões estratégicas, a análise por DEA consegue oferecer um suporte consistente com base em dados brutos coletados com as atuações em campo, ou seja, um suporte isento de parcialidade.

Este trabalho apresenta uma utilização diferenciada do modelo de avaliação em DEA apresentado, visto que busca apresentar resultados que não somente explicam acontecimentos passados, como também oferece ferramentas para tomada de decisão ao longo do tempo, viabilizada pela análise das equipes em diferentes DMUs distribuídas pelo tempo.

Os clubes de futebol dispõem hoje de novas tecnologias em diversas áreas que podem auxiliar a melhoria no desempenho dos jogadores e do time como um todo. Com acesso as estatísticas geradas pela imprensa, e é possível utilizar a modelagem DEA recorrentemente para apontar lacunas de desempenho e equipes Benchmark em momentos distintos. Buscando sempre a manutenção de uma boa técnica.

Neste contexto, os resultados apresentados pelo presente trabalho são um exemplo de como o mesmo procedimento de avaliação pode ser replicado gerando respostas que podem auxiliar de fato a tomada de decisão, seja avaliando qual setor da equipe necessita evoluir, ou para apontar que equipes podem servir como exemplo para uma boa atuação.

Mesmo não sendo objetivo do presente trabalho avaliar o formato do Campeonato Brasileiro, foi possível confirmar que o campeonato disputado em pontos corridos faz justiça com as equipes que possuem qualidade com regularidade. O mesmo não seria verdade em um campeonato por eliminação, em que poucos jogos definem o vencedor.

Como possibilidade de estudos futuros, as variáveis podem ser consolidadas em um único modelo, garantindo a utilização de cada variável apenas uma vez. Para que este novo modelo possua boa representatividade, não podem ser descartadas variáveis importantes para todos os setores do campo. Com muitas variáveis utilizadas, serão necessários métodos para melhoria da discriminação, como a utilização de grande volume de DMUs. Ambos os problemas de modelagem foram conclusões inerentes à elaboração do modelo do presente trabalho.

8. Bibliografia

Aizemberg, L., Ramos, T. G., Roboredo, M. C., Azevedo, G. H. I., Alvez, A. M., Caldas, M. F. A. (2011). Medindo a eficiência DEA de times de basquete da NBA: análise temporal da eficiência e enfoque multiobjetivo para obtenção de benchmark. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.

Anderson T. R. (2006). Benchmarking in Sports. Bonds or Ruth: Determining the Most Dominant Baseball Batter Using DEA. International Series in Operations Research & Management Science. Volume 71. Handbook on Data Envelopment Analysis.

Angulo Meza L., Lins M. P. E., (2002). Review of Methods for Increasing Discrimination in Data Envelopment Analysis. Annals of Operations Research, 116, 225–242.

Angulo Meza, L., Biondi Neto, L., Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Coelho, P.H.G. (2005). Free software for Decision Analysis a software package for Data Envelopment models. ICEIS 2005 - Proceedings of the 7th International Conference on Enterprise Information Systems, pp. 207-212.

Banker, R.D., A. Charnes e W.W. Cooper (1984). Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, v.30, n.9, 1078-1092.

Bragança, L. R. L., Pereira, A. (2011). Avaliação pela metodologia DEA dos resultados do Brasil nas olimpíadas de Pequim, 2008. PRÉ-ANAIS XLIIISBPO.

Charnes, A., W.W. Cooper e E. Rhodes (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research, v.2, 429-444.

Charnes, Abraham, Cooper, William, Lewin, Arie Y., Sseiford, Lawrence M. (1994). Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application. Boston/ Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers.

Cooper, W.W.; Seiford, L.M. & Tone, K. (2000). Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications and DEA-solver software. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Cortez, L. C. S. (2010). Estudo da Eficiência dos times de futebol que mais investiram em jogadores para temporada 2008-2009. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção, V. 10, n. 02.

Faccini dos Santos, C. A., Angulo Meza, L., Soares de Mello, J.C.C.B. (2011). DEA para avaliação da eficiência dentro de campo das equipes participantes do campeonato brasileiro de 2011. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção. V.11. N. 12

Färe, R., Grosskopf, S., Roos, P., (1998). Malmquist productivity indexes: A survey of theory and practice. In: Färe, R., Grosskopf, S., Russell, R.R. (Eds.), Index Numbers: Essays in Honour of Sten Malmquist. Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 127–190.

Lovell, C. A. K., Pastor, J. T. (1999). Radial DEA models without inputs or without outputs. European Journal of Operational Research, Vol. 118, 46-51.

Nanci, L. C., Senra, L. F. A., Soares De Mello J. C. C. B., Caldas, M. A. F. (2004). Uso de análise envoltória de dados para avaliar a distribuição de jornais. Pesquisa Naval, n. 17, 113-118.

Sánchez, I. M. G. (2007). Efficiency and effectiveness of Spanish football teams: a three-stage-DEA approach. CEJOR, 15:21-45.

Scheel, H. (2001). Undesirable outputs in efficiency evaluations. European Journal of Operational Research, v. 132, 400-410.

Senra, L. F. A., Nanci, L. C., Soares de Mello, J. C. C. B., Angulo Meza, L. (2007) Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. Pesquisa Operacional, v. 27, n. 2, 191-207.

Soares de Mello, J.C.C.B., Angulo Meza, L., Gomes, E.G., Neto, L. B. (2005). Curso Básico: Análise Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado – 27 a 30 Setembro.

Soares de Mello, J.C.C.B., Angulo Meza, L., Gomes, E.G., Serapião, B.P., Estellita Lins, M.P. (2003). Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. Pesquisa Operacional, 23(2), 325-345.

Soares de Mello, J.C.C.B., Angulo Meza, L., Da Silva, B. P. B. (2009). A ranking for the Olympic Games with unitary input DEA models. IMA Journal of Management Mathematic. 20, 201–211

Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Soares de Mello, M.H.C., Lins, M.P.E. (2002). Método Multicritério para Seleção de Variáveis em Modelos DEA. Pesquisa Naval, 15, 55-66.

Soares De Mello J. C. C. B., Gomes E. G., Angulo Meza L., Leta F. R. (2008). DEA Advanced Models for Geometric Evaluation of used Lathes. WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS, v. 7.

9. Anexos

Posição	DMU	EFICIÊNCIA CONJUNTA			DEFESA			LIGAÇÃO			ATAQUE		
		Pad	Inv	Comp	Pad	Inv	Comp	Pad	Inv	Comp	Pad	Inv	Comp
1	38-Santos	98%	64%	95%	93%	72%	87%	100%	72%	99%	100%	47%	100%
2	19-AtléticoPR	94%	66%	92%	96%	73%	89%	95%	73%	94%	93%	51%	92%
3	19-Ceará	90%	68%	88%	98%	67%	95%	100%	71%	99%	73%	64%	71%
4	27-Flamengo	92%	68%	88%	100%	65%	98%	80%	85%	73%	96%	53%	93%
5	38-Vasco	96%	76%	86%	100%	89%	80%	100%	74%	97%	89%	64%	81%
6	19-Flamengo	98%	76%	86%	100%	78%	89%	95%	100%	73%	100%	51%	97%
7	9-Palmeiras	95%	76%	85%	100%	100%	72%	100%	74%	98%	84%	53%	85%
8	9-Flamengo	91%	72%	85%	100%	66%	97%	96%	88%	83%	76%	62%	75%
9	38-Corinthians	96%	77%	85%	89%	79%	80%	100%	95%	81%	100%	59%	92%
10	38-Bahia	91%	75%	84%	100%	87%	82%	95%	73%	94%	78%	63%	75%
11	9-Botafogo	89%	73%	83%	98%	85%	83%	91%	75%	89%	77%	59%	77%
12	27-Corinthians	87%	71%	83%	86%	69%	84%	89%	81%	83%	87%	63%	81%
13	19-Cruzeiro	86%	70%	82%	77%	82%	69%	93%	74%	91%	87%	53%	87%
14	38-Fluminense	89%	73%	82%	67%	97%	51%	100%	75%	96%	100%	47%	100%
15	9-Corinthians	86%	71%	82%	84%	70%	82%	87%	81%	82%	87%	61%	82%
16	9-Fluminense	89%	74%	82%	87%	79%	78%	94%	77%	91%	86%	67%	77%
17	38-AtléticoMG	94%	79%	82%	100%	98%	74%	100%	82%	91%	81%	57%	81%
18	9-Internacional	88%	74%	82%	78%	88%	65%	100%	73%	98%	86%	60%	82%
19	38-Figueirense	90%	75%	81%	80%	75%	77%	94%	100%	73%	95%	50%	95%
20	19-Corinthians	90%	79%	80%	90%	84%	77%	98%	72%	97%	82%	80%	67%
21	27-Figueirense	84%	72%	80%	93%	65%	93%	83%	84%	76%	75%	67%	71%
22	27-Vasco	89%	77%	80%	90%	77%	82%	89%	89%	78%	87%	66%	79%
23	27-Fluminense	86%	75%	80%	82%	73%	80%	89%	83%	81%	88%	68%	79%
24	38-Coritiba	92%	80%	80%	100%	100%	72%	92%	80%	86%	83%	59%	81%
25	38-Grêmio	92%	81%	79%	84%	100%	61%	100%	94%	82%	93%	48%	94%
26	38-Internacional	90%	80%	79%	87%	100%	63%	94%	80%	88%	89%	59%	85%
27	27-Ceará	89%	80%	78%	100%	87%	82%	96%	80%	90%	70%	74%	63%
28	19-AméricaMG	84%	76%	78%	83%	75%	78%	100%	79%	94%	71%	73%	63%
29	9-Ceará	84%	74%	78%	91%	70%	88%	79%	89%	69%	81%	64%	77%
30	19-SãoPaulo	85%	75%	78%	77%	78%	72%	80%	90%	69%	100%	57%	93%
31	38-Flamengo	89%	80%	78%	88%	79%	79%	95%	100%	74%	86%	61%	81%
32	27-Botafogo	84%	75%	77%	96%	58%	100%	80%	93%	67%	74%	74%	65%
33	19-Bahia	87%	78%	77%	100%	80%	87%	82%	88%	72%	79%	67%	73%
34	9-Cruzeiro	80%	73%	77%	82%	76%	77%	84%	81%	79%	75%	60%	75%
35	27-Santos	96%	88%	77%	87%	100%	63%	100%	96%	80%	100%	67%	87%
36	27-Internacional	83%	78%	76%	78%	79%	72%	100%	78%	94%	71%	76%	62%
37	19-Vasco	84%	78%	76%	96%	72%	90%	83%	92%	70%	73%	71%	67%
38	19-Palmeiras	86%	81%	76%	100%	79%	88%	87%	85%	79%	72%	78%	62%
39	38-Avaí	92%	88%	75%	100%	93%	78%	100%	70%	100%	75%	100%	49%
40	38-Cruzeiro	83%	78%	75%	77%	86%	66%	89%	77%	86%	83%	70%	74%
41	19-Fluminense	81%	75%	75%	75%	83%	66%	84%	89%	73%	84%	54%	85%
42	27-Bahia	94%	90%	74%	100%	79%	88%	81%	96%	66%	100%	94%	69%
43	38-Botafogo	82%	79%	74%	59%	99%	44%	96%	70%	97%	92%	68%	81%
44	27-SãoPaulo	85%	81%	74%	82%	96%	62%	82%	91%	70%	91%	55%	89%
45	38-AtléticoPR	78%	76%	73%	75%	82%	67%	88%	78%	85%	72%	69%	67%
46	19-Santos	79%	76%	73%	76%	85%	66%	79%	86%	72%	82%	57%	81%
47	9-Grêmio	81%	78%	73%	92%	71%	88%	71%	100%	55%	80%	62%	77%
48	19-Botafogo	81%	78%	72%	68%	93%	55%	83%	88%	74%	90%	54%	89%
49	38-AméricaMG	80%	79%	72%	74%	100%	53%	87%	79%	84%	80%	58%	79%
50	38-AtléticoGO	79%	79%	72%	74%	90%	61%	94%	79%	89%	70%	69%	66%
51	9-SãoPaulo	80%	80%	71%	84%	72%	81%	84%	95%	69%	72%	74%	64%
52	9-AtléticoPR	89%	89%	71%	90%	68%	88%	88%	100%	68%	88%	100%	57%
53	38-SãoPaulo	79%	81%	71%	74%	86%	64%	91%	77%	88%	73%	79%	61%
54	9-Bahia	81%	82%	70%	97%	80%	84%	74%	100%	58%	73%	67%	69%
55	38-Palmeiras	87%	90%	69%	67%	100%	49%	100%	90%	85%	94%	81%	74%
56	9-Vasco	77%	79%	69%	82%	73%	79%	72%	100%	56%	76%	64%	73%
57	27-Coritiba	77%	80%	69%	71%	87%	61%	83%	85%	76%	76%	69%	70%
58	27-AtléticoPR	81%	84%	69%	80%	95%	61%	75%	95%	62%	89%	62%	83%
59	27-Avaí	76%	80%	69%	70%	83%	63%	82%	86%	75%	74%	70%	68%
60	19-AtléticoGO	78%	83%	68%	83%	77%	77%	82%	97%	66%	69%	73%	62%
61	9-Coritiba	78%	82%	68%	62%	100%	45%	80%	89%	70%	92%	57%	88%
62	9-AméricaMG	74%	79%	68%	70%	85%	62%	74%	91%	65%	78%	62%	76%
63	19-AtléticoMG	79%	84%	67%	61%	100%	44%	82%	100%	63%	95%	51%	94%
64	19-Coritiba	75%	81%	67%	66%	99%	48%	81%	85%	75%	78%	60%	77%
65	19-Grêmio	76%	84%	66%	74%	81%	67%	86%	89%	75%	68%	82%	56%
66	27-Grêmio	76%	85%	65%	83%	76%	78%	77%	95%	63%	68%	85%	54%
67	19-Internacional	73%	82%	65%	68%	89%	57%	76%	90%	67%	75%	67%	70%
68	19-Avaí	74%	83%	64%	60%	100%	44%	76%	92%	65%	86%	58%	84%
69	27-AtléticoMG	76%	88%	64%	100%	63%	99%	83%	100%	64%	44%	100%	29%
70	9-Figueirense	72%	82%	64%	78%	82%	70%	70%	96%	57%	69%	69%	65%
71	27-AtléticoGO	76%	87%	64%	95%	75%	87%	73%	99%	57%	60%	88%	47%
72	19-Figueirense	72%	83%	64%	72%	81%	66%	75%	94%	63%	68%	73%	62%
73	9-AtléticoGO	73%	84%	63%	86%	75%	81%	71%	100%	55%	61%	77%	55%
74	27-Palmeiras	82%	95%	63%	81%	100%	58%	90%	84%	82%	76%	100%	50%
75	9-Santos	80%	92%	63%	100%	85%	83%	74%	100%	57%	66%	91%	49%
76	27-Cruzeiro	86%	100%	62%	100%	100%	72%	100%	100%	77%	57%	100%	37%
77	9-AtléticoMG	71%	85%	62%	76%	83%	67%	71%	100%	55%	67%	71%	63%
78	19-AméricaMG	70%	86%	60%	70%	93%	56%	76%	93%	63%	64%	71%	61%
79	38-Ceará	73%	98%	54%	75%	100%	54%	74%	97%	59%	70%	96%	49%
80	9-Avaí	72%	100%	52%	63%	100%	46%	83%	100%	64%	72%	100%	47%

Anexo I – Resultado Global (ordenado pela eficiência conjunta composta)