

FORMAÇÃO DE EQUIPE BASEADO EM DESEMPENHO E INTERAÇÃO: APLICAÇÃO AO CAMPEONATO BRASILEIRO DE 2017

Sérgio Augusto Faria Salles

Instituto Federal Fluminense (IFF)

R. Dr. Siqueira, 273 - Parque Dom Bosco, Campos dos Goytacazes, RJ.
safsalles@hotmail.com

Arthur Motta Cruz Sarlo

Universidade Candido Mendes (UCAM)

Av. Anita Peçanha, 100 - Parque São Caetano, Campos dos Goytacazes, RJ.
arthursarlo@hotmail.com

Lucas da Costa Almeida

Instituto Federal Fluminense (IFF)

R. Dr. Siqueira, 273 - Parque Dom Bosco, Campos dos Goytacazes, RJ.
lucasdacostaalmeida1@gmail.com

Henrique Rego Monteiro da Hora

Instituto Federal Fluminense (IFF)

R. Dr. Siqueira, 273 - Parque Dom Bosco, Campos dos Goytacazes, RJ.
dahora@gmail.com

Milton Erthal Júnior

Instituto Federal Fluminense (IFF)

R. Dr. Siqueira, 273 - Parque Dom Bosco, Campos dos Goytacazes, RJ.
miltonerthal@hotmail.com

RESUMO

Mudanças no futebol fazem clubes repensar o gerenciamento de seus recursos, sobretudo seus jogadores. Fato agravado por recorrentes casos de transferências de jogadores consideradas fracassadas. Este processo pode estar relacionado à maneira como se realizam avaliações de jogadores: apenas por desempenhos individuais, desconsiderando suas contribuições ao coletivo. Esta pesquisa objetiva comparar estas formas de avaliação para a escalação da melhor equipe do Campeonato Brasileiro, através da aplicação de dois métodos: o PROMETHEE II para ranqueamentos, e avaliação de desempenhos individuais, e o MEM (Multiplex Electionis Methodus) para escolha múltipla, selecionando atletas com base na complementariedade de seus atributos. Houveram distinções em dois dos cinco grupos (posições) formados, nos quais o MEM selecionou a 1ª ranqueada pelo PROMETHEE, junto à 3ª, 4ª e 14ª alternativa do ranking.

PALAVRAS CHAVE. Apoio Multicritério à Decisão, Futebol, Pesquisa Operacional.

Apoio à Decisão Multicritério, Outras Aplicações em PO

ABSTRACT

Changes in football make clubs rethink the management of their resources, especially their players. This is compounded by recurring cases of failed player transfers. This process may be related to the way player's evaluations are performed: only by individual performances, disregarding their contributions to the collective. This research aims at comparing these forms of evaluation for the classification of the best team in the Brazilian Championship by applying two methods: the PROMETHEE II for rankings and evaluation of individual performances, and Multiplex Electionis Methodus for multiple choice, selecting athletes based on the complementarity of their attributes. There were distinctions in two of the five groups (positions) formed, in which MEM selected the 1st ranking by PROMETHEE, next to the 3rd, 4th and 14th alternative of the ranking.

KEYWORDS. Multicriteria Decision Aid. Football. Operations Research.

Support for Multicriteria Decision, Other applications in OR

1. Introdução

Além de ser o esporte mais popular do mundo, o futebol também é responsável por significativas movimentações financeiras [Marques et al. 2016]. Apoiado por Deloitte [2018] que relata que em 2017 as 20 principais equipes do mundo chegaram a um somatório de receitas próximo aos € 8 bilhões.

A indústria do futebol passa por significantes mudanças, o que torna a sobrevivência econômica dos clubes um maior desafio. Este fato impacta diretamente na forma como as equipes gerenciam seus recursos, principalmente seus jogadores. Logo, são necessárias avaliações contínuas de seus desempenhos, tanto em aspectos gerenciais, quanto esportivos [Zambom-Ferraresi et al. 2017].

Tal fato se reflete na literatura científica, na qual são recorrentes pesquisas que buscam avaliar a eficiência de clubes, sendo no aspecto financeiro [Guzmán e Morrow 2007], esportivo [Principe et al. 2017], ou até mesmo em ambas dimensões [Galariotis et al 2017].

Selecionar os melhores jogadores é um objetivo crucial para os gestores esportivos, estando relacionado aos custos e desempenhos das equipes. O ranqueamento dos mesmos sempre foi tratado como um procedimento relevante para auxiliar a tomada de decisões-chave em clubes de futebol [Arabzad et al. 2013; Oukil e Govindaluri 2017].

Em contrapartida, é preciso também considerar os recorrentes casos de transferências de atletas consideradas fracassadas. Este fato é diretamente relacionado à forma como avaliações de jogadores são realizadas, considerando apenas seus desempenhos individuais e desconsiderando a contribuição de seus atributos para o desempenho coletivo da equipe em que se insere [Jarvandi et al. 2013; Tavana et al. 2013; Al-Shboul et al. 2017].

Tais avaliações podem ser realizadas por técnicas da análise decisória, a qual segundo Costa [2017] se define como a modelagem de problemáticas de decisão, conforme diferentes pontos de vista. As situações mencionadas para avaliação de jogadores, seja levando em consideração ranqueamentos de alternativas, ou escolha de conjuntos, estão entre as problemáticas de decisão abordadas em decisões multicritério.

A presente pesquisa tem como objetivo aplicar e comparar métodos da análise decisória para a escalação da melhor equipe do campeonato brasileiro de futebol de 2017 através de duas técnicas que tratam a problemática de maneiras distintas. Serão comparadas escalações que selecionam os jogadores: (i) por seu ranqueamento em suas respectivas funções, utilizando o método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), o qual selecionará os 'n' melhores ordenados por posição; (ii) pela complementação e sinergia entre alternativas e seus desempenhos, através do MEM (*Multiplex Electionis Methodus*), técnica que busca formar o melhor conjunto 'n' de alternativas.

Além da escalação das equipes, busca-se também comparar a ordenação gerada pelos métodos sobre o melhor conjunto de alternativas, para verificar a hipótese de que os 'n' melhores desempenhos individuais (dado pelo PROMETHEE) não constituem um melhor conjunto de alternativas (MEM).

2. Aplicações da pesquisa operacional no futebol

São encontradas na literatura diversas técnicas da pesquisa operacional para problemáticas do futebol. Um dos métodos mais frequentes é a Análise Envoltória de Dados (DEA) utilizada para avaliar a eficiência de diversos componentes do esporte. Tiedemann et al. [2011] analisou o desempenho de jogadores de acordo com suas posições, utilizando dados da liga alemã. Seus resultados apresentaram uma relação positiva entre o índice médio de eficiência dos jogadores e da posição final de seus clubes na tabela da liga. Añon et al. [2017] utilizaram como objeto de estudo os 23 jogadores classificados como melhores do mundo pela FIFA (Federação Internacional de Futebol Associação), os quais tiveram suas respectivas eficiências avaliadas para, em seguida, terem seus *rankings* de eficiência comparados a suas classificações atribuídas pela federação. Arabzad et al. [2013] selecionaram e classificaram os melhores jogadores da liga inglesa através da utilização de DEA em duas fases, uma para identificar os melhores jogadores e um para classificar os jogadores selecionados.

Outros trabalhos analisam a eficiência de clubes de futebol com DEA, como em García-Sánchez [2007] onde a técnica foi aplicada na avaliação de comportamentos econômicos da liga espanhola de futebol. Guzmán e Morrow [2007] analisaram a eficiência de clubes da liga inglesa com base em dados financeiros. Bosca et al. [2009] analisaram e compararam a eficiência de clubes de futebol italianos e espanhóis, tendo seu resultado demonstrado que a liga espanhola foi mais competitiva que a liga italiana. Aplicações no campeonato brasileiro de futebol também são observadas, como realizado por Barros, Assaf e Sá-Earp [2010], no qual os resultados indicaram um alto nível de ineficiência dos clubes e em Salles et al. [2017], que em seus resultados demonstraram que clubes com bons desempenhos esportivos (medidos pelos pontos conquistados), em geral, são ineficientes dados seus orçamentos disponíveis.

Pesquisas que utilizam técnicas da análise decisória, como na presente pesquisa, embora menos usuais, também são encontradas na literatura. Em Chelmis et al. [2017] os autores realizaram uma avaliação do desempenho de clubes participantes da liga nacional da Grécia, sendo estes avaliados de acordo com critérios financeiros, comerciais e esportivos, utilizando o método PROMETHEE II para o ranqueamento dos mesmos. Em Príncipe et al. [2017] foi aplicado o *Fuzzy VIKOR*, dentre outros métodos, para analisar e comparar desempenhos estatísticos de clubes e jogadores, a fim de correlacionar tais desempenhos com a posição final dos clubes na liga inglesa da temporada 2015-2016. Um ranking de competitividade foi proposto por Huang [2013] através da aplicação de um modelo de avaliação abrangente do modelo TOPSIS e junto a Análise Relacional Grey tendo como base as 16 seleções participantes da Eurocopa de 2012 e comparando sua colocação final na competição com o modelo proposto.

Outras aplicações também são encontradas para objetivos diferentes da avaliação de desempenho de atletas ou clubes, como são os casos de agendamento de jogos. Em Durán, Guajardo e Sauré [2017] é realizado o agendamento de jogos da fase qualificatória para a copa do mundo de 2018, para os jogos das seleções do continente sul americano, por intermédio da programação inteira. Diversas aplicações do método são vistas para outras competições, como na liga nacional turca [Atan e Hüseyinoğlu 2017], equatoriana [Recalde et al. 2013], brasileira [Ribeiro e Urrutia 2012], dentre outras [Durán et al. 2012; Goossens e Spiexsma 2012].

Especificamente para auxílio a formação de equipes de futebol, como proposto neste trabalho, também são encontrados pesquisas, porém, apesar de sua importância para o esporte, estas são mais escassas na literatura [Al-Madi et al. 2016]. Uma das principais referências nesta vertente, o trabalho de Boon e Sierksma [2003] propõe a utilização da programação linear para formação de equipes de futebol, criando um sistema capaz de auxiliar técnicos a determinar escalação ótima de equipes.

Em Ozceylan [2016] uma abordagem de duas fases é aplicada para seleção dos melhores jogadores do Fenerbahçe, clube da 1ª divisão turca. A primeira fase de seu método consiste na identificação dos principais atributos de uma posição, para o qual é utilizado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Em sua segunda fase o problema é modelado utilizando a programação inteira para, de acordo com os pesos estabelecidos pelo AHP, determinar o melhor conjunto de jogadores.

Al-Shboul et al. [2017] utilizam dados históricos de jogos entre equipes e estatísticas de jogadores, em busca de dois objetivos: (i) Selecionar a melhor combinação (escalação) de equipe de acordo com seu oponente; (ii) Predizer a chance de vitória no jogo conforme o conhecimento das escalações. Neste objetivo, os autores utilizaram redes neurais, nas quais os *inputs* do modelo são os desempenhos de jogadores selecionados pela equipe analisada. O resultado da partida é então relacionado a cada jogador presente na mesma, tornando possível avaliar suas contribuições para o resultado final.

3. Metodologia

3.1. Coleta de dados e procedimentos técnicos

Nesta pesquisa foram utilizados critérios referentes às estatísticas de desempenhos de jogadores participantes do Campeonato Brasileiro de 2017. Dados do *fantasy game* Cartola FC

[2017] e do site *WhoScored* [2017] foram utilizados como base para avaliação dos desempenhos dos jogadores em ambos os métodos utilizados, sob a luz de 14 critérios de desempenho.

Quanto às posições utilizadas, fez-se uso das 10 posições referentes a jogadores de linha, excluindo o goleiro, por ser uma posição única de características especiais. Foram consideradas as posições de “Zagueiros”, “Laterais”, “Volantes”, “Armador” e “Atacantes”, sendo escolhidos dois jogadores por função. A designação de posições por jogadores deu-se de acordo com a quantidade de partidas disputadas em cada função, sendo designada aquela na qual foram disputados uma maior quantidade de jogos.

Anteriormente a escalação das equipes, foram retirados da análise todos os atletas que não disputaram pelo menos $\frac{1}{4}$ dos jogos do campeonato, ou seja, os quais o somatório de minutos em campo não foi pelo menos igual a 850. Este procedimento apontou um total de 318 jogadores aptos a serem avaliados.

A importância de cada critério foi definida a partir da aplicação de questionários a um total de 20 indivíduos, os quais estimaram a importância de cada uma das estatísticas por função do jogador, atribuindo valores em uma escala decimal, variando entre ‘0’ e ‘1’. Tais definições de importância foram utilizadas para ambos os métodos utilizados nesta pesquisa, discutidos nas seções subsequentes.

3.2. Promethee

O método PROMETHEE, proposto por Brans, Vincke e Mareschal [1986] é uma técnica da análise decisória que utiliza os princípios de sobreclassificação das alternativas, assim como o ELECTRE, porém sendo capaz de oferecer uma ordenação considerada mais estável. Algumas versões do mesmo foram propostas no decorrer dos anos. Nesta pesquisa será utilizado o PROMETHEE II para o ranqueamento das alternativas. O mesmo é preferido por ser capaz de relacionar e ordenar todos os indivíduos analisados, sem haver incomparabilidades entre estes, como ocorre em sua primeira versão [Brans 2005]. Tal definição motiva a escolha do referido método, dentre os demais da análise decisória, para aplicação neste trabalho, o qual busca um ranqueamento mais discriminativo das alternativas.

Em seus procedimentos é necessário determinar, para cada critério, os pesos, sentidos e funções de preferência e, caso necessário, seus limiares de indiferença (‘q’) e preferência (‘p’), assim como seus sentidos de maximização (‘+’), ou minimização (‘-’). Não foram utilizados neste trabalho os limiares de indiferença e preferência sendo, portanto, utilizada a função de preferência “Usual”, na qual os desempenhos são considerados indiferentes apenas quando há igualdade entre seus valores [Brans et al. 1986].

Neste método, a escalação da melhor equipe do campeonato brasileiro de 2017 conteve as duas alternativas melhores ranqueadas, dadas suas respectivas posições em campo. Posteriormente o melhor conjunto de duas alternativas foi ranqueado pela soma de seus fluxos líquidos (‘ φ ’) individuais. Procedimento semelhante ao realizado pelo método PROMETHEE V, desenvolvido para escolhas de portfólio, no qual primeiramente é feita a aplicação do PROMETHEE II e, em seguida, é determinado o conjunto de alternativas que maximiza o valor de φ , através da aplicação da programação inteira [Cambrinha et al. 2018]. Porém, a última técnica não foi utilizada neste trabalho, tendo o mesmo se restringido a maximização do ‘ φ ’ entre as alternativas, dado por seus respectivos somatórios.

Para execução do método foi utilizado o *software* Visual PROMETHEE, versão 1.4, disponível em: <http://www.promethee-gaia.net/software.html>.

3.3. Método da Escolha Múltipla

O MEM se configura como um método destinado à resolução de problemáticas da análise decisória que procurem escolher o melhor conjunto de alternativas. Busca-se obter deste conjunto a combinação das “n” alternativas que melhor se complementam, quanto aos critérios estabelecidos. Seu cálculo é dividido em cinco etapas, explicadas de acordo com o proposto por da Hora e Costa (2015): (i) Elaborar a matriz $A_{i,j}$ de pagamentos das “i” alternativas sobre os critérios “j”; (ii) Definir a matriz $C_{j,j'}$ de complementaridade entre critérios; (iii) Estabelecer o valor dos pesos para

cada critério avaliador (Vetor W_j); (iv) Determina o valor do tau (τ) de corte; (v) Calcular a matriz $B_{l,m}$, combinando os critérios dois a dois, e combinando as alternativas, tomadas 'n' a 'n', ambos sem repetição.

A Matriz $A_{i,j}$ é dada de acordo com a disposição entre alternativas (jogadores) e critérios (desempenhos) do modelo, alternando conforme as posições em campo.

Para o cálculo da Matriz $C_{j,j}$ de complementariedade é necessário atribuir valores entre '0' e '1', que dizem respeito a similaridade entre os critérios avaliadores, nos quais quanto mais próximo de '1' mais complementares e menos relacionados são os mesmos. A determinação de seus valores foi feita através da aplicação de questionários, onde analisou-se um total de 20 julgamentos.

Em da Hora e Costa [2015], anterior ao cálculo da Matriz $B_{l,m}$ os autores propõem a utilização do tau de corte, medida que permite que alternativas tenham seus desempenhos considerados “suficientemente satisfatórias”, de acordo com o valor de corte estabelecido, o que faz com que o método não aponte apenas um conjunto ótimo de alternativas. Entretanto, tal medida não será utilizada nesta pesquisa, já que a mesma frequentemente aponta dois, ou mais, conjuntos de alternativas em uma mesma posição, fato que é indesejado, dado um dos objetivos do trabalho em comparar as ordenações de ambos os métodos de maneira discriminatória.

Após a seleção das equipes, definida para os dois métodos utilizados, foi realizada uma comparação entre as ordenações geradas (para cada posição) entre as combinações de alternativas. Tal comparação deu-se mediante ao cálculo do coeficiente de correlação de postos de Spearman, a fim de analisar a semelhança entre as ordenações geradas por dois métodos de escopo distintos, no qual pelo PROMETHEE busca-se ranquear as alternativas, individualmente, e o MEM determinar aquelas mais complementares.

4. Resultados e discussão

4.1. Definição dos valores de importância e complementariedade

Inicialmente, são apresentados os critérios analisados, seus respectivos pesos (importâncias), sentidos de preferência, assim como o total de jogadores analisados por posição, demonstrados pelo Quadro 1.

Quadro 1 – Dados analisados e importância dos critérios

| C. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | Atletas Avaliados |
|-------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|--------------|------|--------------|-------------------|
| Z | 0,37 | 0,59 | 0,85 | 0,88 | 0,14 | 0,09 | 0,61 | 0,64 | 0,73 | 0,13 | 0,08 | 0,33 | 0,03 | 0,96* | 62 |
| L | 0,91 | 0,80 | 0,72 | 0,44 | 0,81 | 0,92* | 0,47 | 0,52 | 0,62 | 0,65 | 0,71 | 0,75 | 0,29 | 0,82 | 65 |
| V | 0,50 | 0,83 | 0,71 | 0,53 | 0,36 | 0,42 | 0,51 | 0,55 | 0,71 | 0,41 | 0,30 | 0,44 | 0,12 | 0,99* | 68 |
| M | 0,94 | 0,92 | 0,18 | 0,44 | 0,79 | 0,97* | 0,38 | 0,39 | 0,33 | 0,72 | 0,66 | 0,89 | 0,56 | 0,39 | 56 |
| A | 0,35 | 0,62 | 0,21 | 0,81 | 0,88 | 0,83 | 0,33 | 0,39 | 0,21 | 0,76 | 0,75 | 0,98* | 0,71 | 0,40 | 67 |
| Sent. | '+' | '+' | '+' | '+' | '+' | '+' | '-' | '-' | '-' | '+' | '+' | '+' | '-' | '+' | |

*Critério de maior valor de importância; C.: Critérios; Sent.: Sentido de preferência; Z: Zagueiros; L:

Laterais; V: Volantes; M: Meias; A: Atacantes; C1: Passes Longos; C2: Passes Curtos; C3: Bolas Afastadas da Defesa; C4: Disputas Aéreas Vencidas; C5: Dribles; C6: Assistências; C7: Cartões Amarelos; C8: Cartões Vermelhos; C9: Faltas Cometidas; C10: Finalizações; C11: Faltas Sofridas; C12: Gols; C13: Impedimentos; C14: Roubadas de Bola.

O Quadro 1 demonstra os valores de importância para cada critério, de acordo com a função em campo do jogador. Percebe-se que os “Laterais” detêm uma maior variedade de atributos considerados importantes, com índices figurando próximo a ‘0,5’ (com exceção de C13), tal fato demonstra como a posição contribui para as equipes em diferentes aspectos. Em contrapartida, também é possível observar que os “Zagueiros” detêm maior variação entre seus índices, sendo considerada uma posição de funções mais definidas, tipicamente de caráter defensivo como são os casos de “Bolas Afastadas da Defesa”, “Faltas Cometidas” e “Roubadas de Bola” (C3, C9 e C14). Quanto à importância dos critérios, destaca-se o fato das posições Zagueiro e Volante deterem em “Roubadas de Bola” o atributo mais importante. Fato semelhante ocorreu com as posições de

Lateral e Meia, quanto o critério “Assistências”. A posição de Atacante foi a única a não compartilhar seu critério mais importante com outra função, sendo estes avaliados, principalmente, pela quantidade de “Gols” marcados.

Quanto aos índices de complementariedade (utilizados para o MEM), estes também obtiveram seus índices obtidos pela média aritmética de avaliações feitas pelos entrevistados, os quais são apresentados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Valores da Matriz C de Complementariedade

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| C1 | - | 0,33 | 0,66 | 0,93 | 0,94 | 0,16 | 0,82 | 0,88 | 0,91 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 0,95 | 0,95 |
| C2 | 0,33 | - | 0,90 | 0,94 | 0,88 | 0,23 | 0,90 | 0,96 | 0,94 | 0,90 | 0,90 | 0,97 | 0,96 | 0,97 |
| C3 | 0,66 | 0,90 | - | 0,28 | 0,94 | 0,94 | 0,79 | 0,75 | 0,45 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,94 | 0,60 |
| C4 | 0,93 | 0,94 | 0,28 | - | 0,94 | 0,91 | 0,93 | 0,93 | 0,87 | 0,36 | 0,40 | 0,45 | 0,96 | 0,93 |
| C5 | 0,94 | 0,88 | 0,94 | 0,94 | - | 0,67 | 0,94 | 0,96 | 0,95 | 0,83 | 0,26 | 0,51 | 0,64 | 0,94 |
| C6 | 0,16 | 0,23 | 0,94 | 0,91 | 0,67 | - | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,85 | 0,67 | 0,75 | 0,90 | 0,96 |
| C7 | 0,82 | 0,90 | 0,79 | 0,93 | 0,94 | 0,94 | - | 0,08 | 0,28 | 0,95 | 0,88 | 0,93 | 0,98 | 0,72 |
| C8 | 0,88 | 0,96 | 0,75 | 0,93 | 0,96 | 0,95 | 0,08 | - | 0,13 | 0,96 | 0,79 | 0,94 | 0,94 | 0,72 |
| C9 | 0,91 | 0,94 | 0,45 | 0,87 | 0,95 | 0,96 | 0,28 | 0,13 | - | 0,96 | 0,71 | 0,96 | 0,88 | 0,65 |
| C10 | 0,88 | 0,90 | 0,96 | 0,36 | 0,83 | 0,85 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | - | 0,65 | 0,17 | 0,35 | 0,97 |
| C11 | 0,90 | 0,90 | 0,96 | 0,40 | 0,26 | 0,67 | 0,88 | 0,79 | 0,71 | 0,65 | - | 0,48 | 0,76 | 0,90 |
| C12 | 0,90 | 0,97 | 0,96 | 0,45 | 0,51 | 0,75 | 0,93 | 0,94 | 0,96 | 0,17 | 0,48 | - | 0,78 | 0,95 |
| C13 | 0,95 | 0,96 | 0,94 | 0,96 | 0,64 | 0,90 | 0,98 | 0,94 | 0,88 | 0,35 | 0,76 | 0,78 | - | 0,94 |
| C14 | 0,95 | 0,97 | 0,60 | 0,93 | 0,94 | 0,96 | 0,72 | 0,72 | 0,65 | 0,97 | 0,90 | 0,95 | 0,94 | - |

C1: Passes Longos; C2: Passes Curtos; C3: Bolas Afastadas da Defesa; C4: Disputas Aéreas Vencidas; C5: Dribles; C6: Assistências; C7: Cartões Amarelos; C8: Cartões Vermelhos; C9: Faltas Cometidas; C10: Finalizações; C11: Faltas Sofridas; C12: Gols; C13: Impedimentos; C14: Roubadas de Bola.

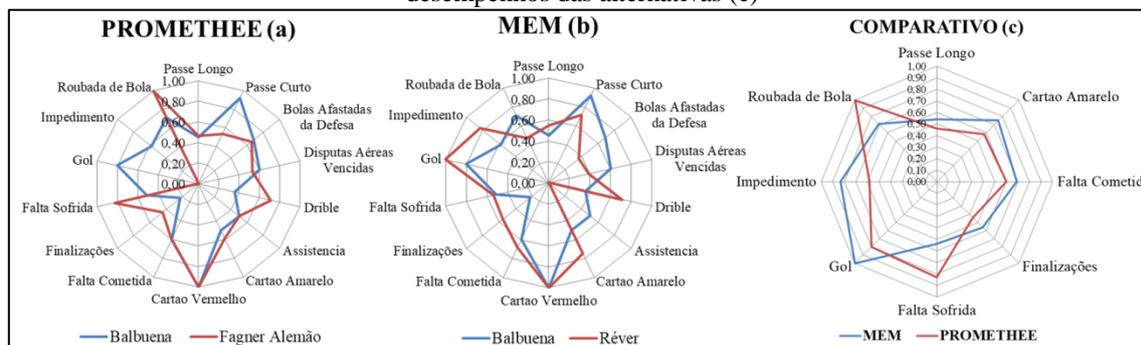
A Tabela 1 apresenta a Matriz C com os valores de complementariedade entre os critérios, os quais foram empregados em todos os cálculos de conjuntos do método. Dentre as relações, destacam-se as existentes entre os critérios “Cartão Amarelo”, “Cartão Vermelho” e “Falta Cometida” (C7, C8 e C9), os quais se relacionam a disciplina e agressividade do jogador, assim como “Passes Longos”, “Passes Curtos” e “Assistências” (C1, C2 e C6). Nas demais, percebe-se um alto índice de complementação, figurando próximo ao valor máximo (‘1’).

4.2. Conjuntos de alternativas selecionados

Para cada uma das cinco posições analisadas serão apresentados os dois jogadores selecionados por ambos os métodos, os quais terão seus desempenhos comparados mediante aos 14 critérios analisados. A comparação é feita mediante a normalização dos desempenhos das alternativas, atribuindo-os valores entre ‘0’ e ‘1’ de acordo com suas performances.

Inicialmente, foi realizado o cálculo para a posição de Zagueiro. As alternativas escolhidas e suas comparações são demonstradas pela Figura 1.

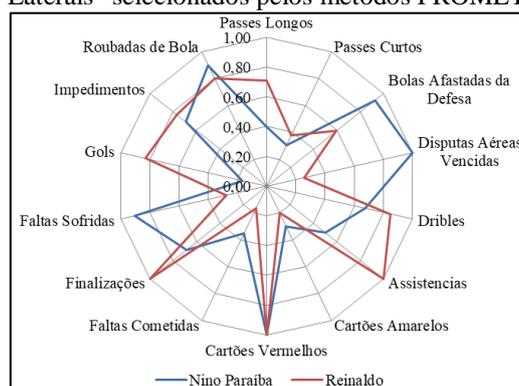
Figura 1 – “Zagueiros” selecionados pelos métodos PROMETHEE (a), MEM (b) e Comparativo de desempenhos das alternativas (c)



A Figura 1a aponta os dois jogadores melhor ranqueados (PROMETHEE) para a referida posição, sendo estes: Balbuena e Fagner Alemão (1º e 2º, respectivamente). Na Figura 1b percebe-se que o atleta Balbuena também foi selecionado, porém em conjunto com Réver, atleta que foi apontado como 3º ranqueado pelo PROMETHEE, porém considerado uma alternativa mais complementar para formar a dupla de zaga com Balbuena. A Figura 1c realiza a comparação entre os desempenhos de ambos os conjuntos escolhidos pelos métodos. Dos 14 critérios, houve diferença de desempenho em oito, dos quais o conjunto escolhido pelo MEM foi superior em seis dimensões. Tal comparativo permite visualizar que os zagueiros Balbuena e Réver formam uma dupla mais complementar do que o primeiro e Fagner Alemão.

Para a posição de Lateral foi necessário considerar apenas as combinações de alternativas que contemplaram um Lateral Esquerdo e um Direito. Os conjuntos são demonstrados pela Figura 2.

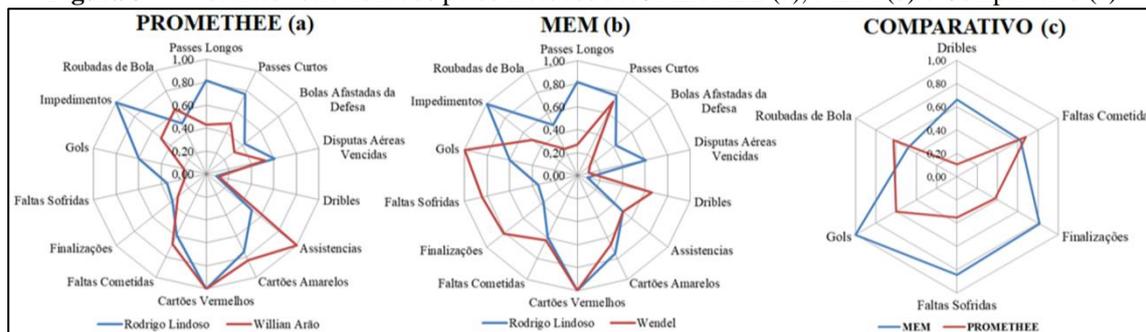
Figura 2 – “Laterais” selecionados pelos métodos PROMETHEE e MEM



Os jogadores Nino Paraíba e Reinaldo foram escolhidos para a posição de Lateral, como demonstra a Figura 2. Observando a mencionada figura, percebe-se que ambos os atletas possuem desempenhos individuais elevados (entre 0,6 e 1,0) em diferentes critérios, fato que satisfaz ambos os métodos, tanto por seus desempenhos individuais (PROMETHEE), quanto pela complementação de seus desempenhos (MEM). É possível considerar que tal fato ocorre pela posição deter uma variedade de critérios considerados importantes (índice próximo a 0,5), ou seja, existem mais formas de uma alternativa ser bem avaliada e, portanto, ocorrer tal evento, onde 1º e 2º melhores avaliados individualmente são também mais complementares.

Na posição de Volante novamente houveram conjuntos distintos entre os métodos. Os melhores grupos são apresentados pela Figura 3.

Figura 3 – “Volantes” selecionados pelos métodos PROMETHEE (a), MEM (b) e Comparativo (c)



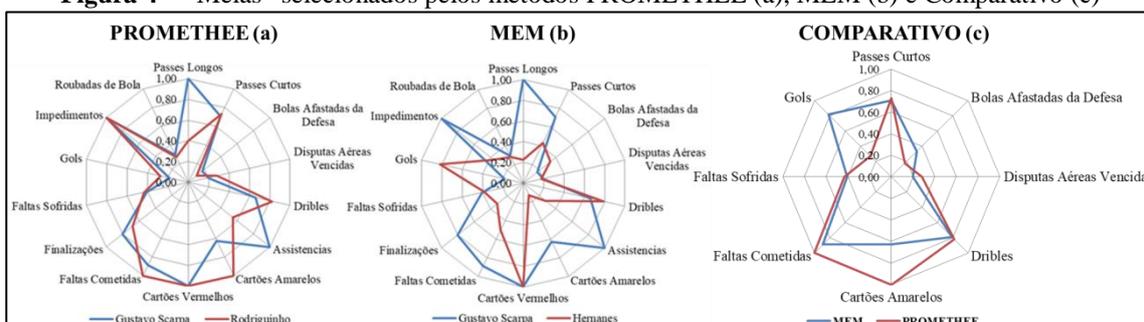
Os resultados apresentados pela Figura 3 demonstram que não houveram jogadores presentes em ambos os conjuntos, sendo um grupo formado por Rodrigo Lindoso e Willian Arão, Figura 3a, e outro por Rodrigo Lindoso e Wendel, Figura 3b. Nota-se que os membros do primeiro

grupo (PROMETHEE) possuem atributos similares, indicando que os jogadores desempenham papéis parecidos em campo, salvo alguns atributos.

Entretanto, os atletas do segundo conjunto (MEM) possuem desempenhos mais distintos, como é possível observar pela Figura 3c, a qual demonstra que, para os seis critérios que apresentam diferença de desempenho, o conjunto escolhido pelo MEM é superior em quatro ocasiões, apresentando diferenças de desempenhos mais significativas (em torno de 0,4) aos dois critérios no qual é superado.

Em seguida foram selecionados os jogadores de meio campo designados para a função “Meia”. A Figura 4 exibe os resultados.

Figura 4 – “Meias” selecionados pelos métodos PROMETHEE (a), MEM (b) e Comparativo (c)

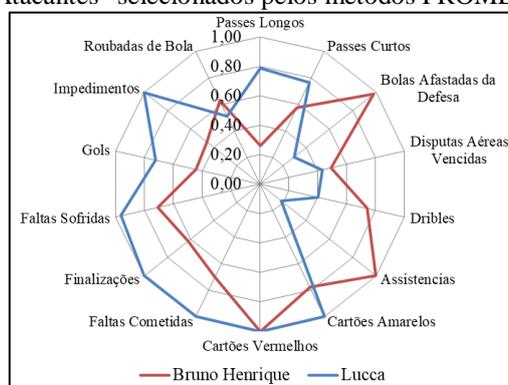


A Figura 4 apresenta os jogadores selecionados. Novamente houve um atleta foi compartilhado por ambos os métodos, sendo neste caso o Gustavo Scarpa, o qual foi selecionado juntamente a Rodriuguinho (Figura 4a), e Hernanes, (Figura 4b).

A comparação entre os grupos (Figura 4c) apresentou oito critérios, nos quais os conjuntos se diferenciaram, dentre estes o MEM foi superior em apenas duas ocasiões (“Gols” e “Bolas Afastadas da Defesa”). Porém, com exceção a “Cartões Amarelos”, a diferença para os demais critérios foi sempre menor, ou igual, a ‘0,1’. Enquanto que, seu desempenho em “Gols” (um dos critérios mais importantes da posição) foi ‘0,5’ superior ao conjunto selecionado pelo PROMETHEE, o que torna este conjunto mais significante para a posição analisada.

Posteriormente, realizou-se o cálculo de ambos os métodos para a posição de Atacante. Seus resultados (conjuntos) apresentaram as mesmas alternativas, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – “Atacantes” selecionados pelos métodos PROMETHEE e MEM



Os jogadores Bruno Henrique e Lucca foram selecionados por ambos os métodos. Percebe-se pela Figura 5 que as alternativas escolhidas, além de possuírem altos índices de desempenhos, mediante aos demais jogadores de sua posição, são complementares em critérios considerados importantes para a posição de Atacante, tais como: “Disputas Aéreas Vencidas”, “Dribles” e “Assistências”. Este caso ocorre semelhantemente ao ocorrido na posição de Laterais, onde

alternativas com desempenhos significantes em critérios distintos são bem avaliadas individualmente e coletivamente.

Por fim, é possível realizar as escalações das equipes selecionadas, de acordo com cada um dos métodos apresentados. O Quadro 2 apresenta os jogadores escolhidos, assim como uma comparação de seus ranqueamentos individuais (dados pelo PROMETHEE).

Quadro 2 - Comparativo de escalações e ranqueamento dos atletas

| Métodos/ Posições | PROMETHEE | | MEM | |
|----------------------|-----------------|---------|-----------------|------------------------|
| | Atletas | Ranking | Atletas | Ranking (PROMETHEE) |
| Zagueiros | Balbuena | 1° | Balbuena | 1° |
| | Fagner Alemão | 2° | Réver | 3° |
| Laterais | Nino Paraíba | 1° | Nino Paraíba | 1° |
| | Reinaldo | 2° | Reinaldo | 2° |
| Volantes | Rodrigo Lindoso | 1° | Rodrigo Lindoso | 1° |
| | William Arão | 2° | Wendel | 14° |
| Meias | Gustavo Scarpa | 1° | Gustavo Scarpa | 1° |
| | Rodriguinho | 2° | Hernanes | 4° |
| Atacantes | Bruno Henrique | 1° | Bruno Henrique | 1° |
| | Lucca | 2° | Lucca | 2° |

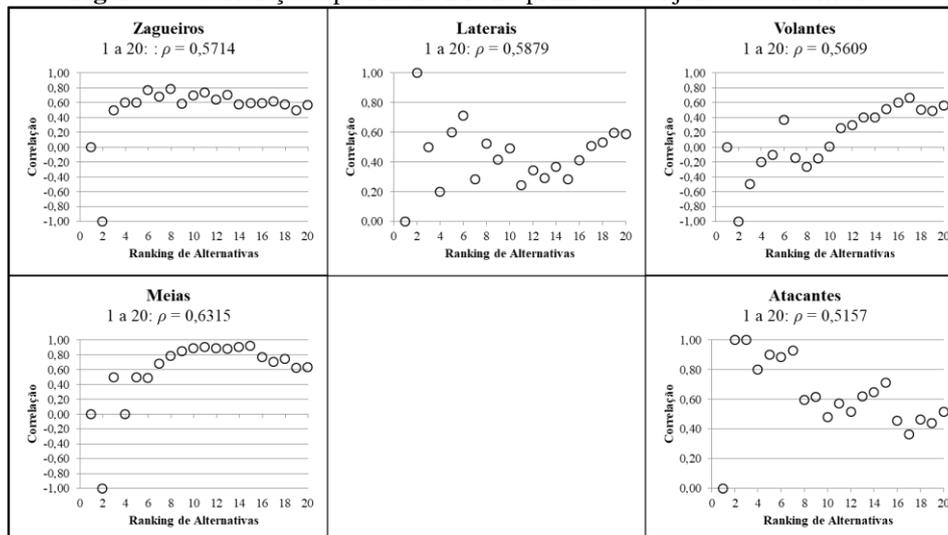
O Quadro 2 destaca que, embora a primeira alternativa melhor avaliada pelo PROMETHEE tenha sido escolhida para integrar todos os conjuntos do MEM, apenas em dois dos cinco conjuntos a segunda do *ranking* foi escolhida, com destaque para a posição de “Volante”, na qual para formar o melhor grupo com o 1° colocado foi escolhido o 14°. Tal conjunto destacado seria uma escolha improvável, caso se analisassem apenas os desempenhos individuais dos atletas, o que demonstra a relevância do MEM para as problemáticas de escolha conjunta.

4.3. Correlação entre ordenações

Esta seção tem o intuito de testar a hipótese, anteriormente estabelecida, verificando se os ‘n’ melhores desempenhos individuais (PROMETHEE) não constituem um melhor conjunto de alternativas (MEM). Tal ato foi realizado através da análise de correlação de Spearman aplicada a comparação entre os rankings (ordenações) gerados para cada uma das combinações de alternativas, de acordo com as posições estudadas.

A Figura 6 apresenta o resultado desta análise verificando, para todas as posições, o valor de correlação dos 20 primeiros conjuntos de alternativas.

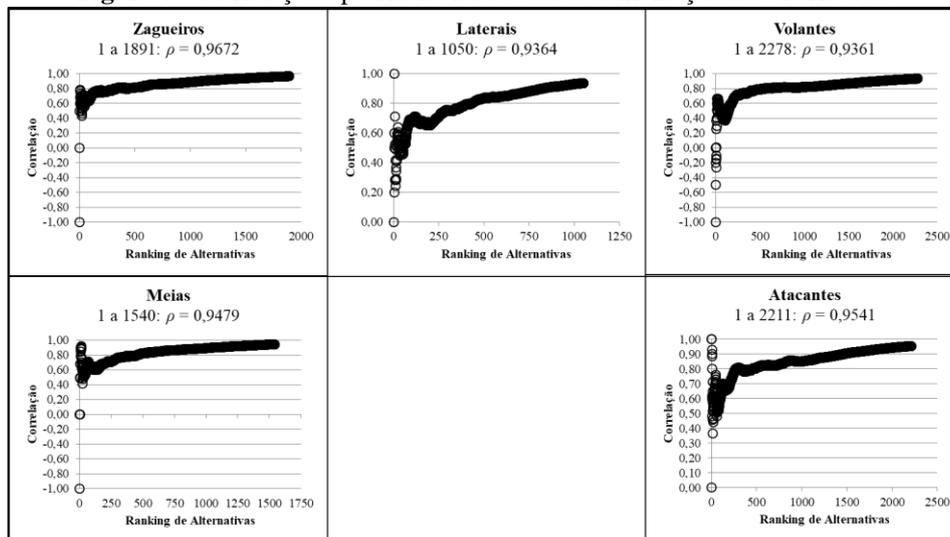
Figura 6 – Correlação Spearman entre 20 primeiros conjuntos de alternativas



Nota-se pela Figura 6 um valor de correlação (ρ) variante de médio a forte entre as posições. Para a posição de Atacante, embora os melhores conjuntos, escolhidos pelos métodos, tenham apontado mesmas alternativas, se percebe um decréscimo na relação durante os próximos 19 postos, o que resultou em um menor coeficiente de correlação (0,5157). Esta queda inicial aconteceu semelhantemente com os Laterais. As demais posições seguiram o caminho inverso: iniciando com correlações negativas e se estabilizando gradativamente a valores próximos a 0,6.

A Figura 7 demonstra como tais relações ocorrem para todos os ordenamentos gerados pelos métodos.

Figura 7 – Correlação Spearman entre todas as combinações de alternativas



Logo, pela Figura 7, identifica-se que, apesar de no início haverem divergências entre as combinações de alternativas escolhidas pelo PROMETHEE e o MEM, estas tendem a se aproximar nas últimas posições dos *rankings*, os quais apresentam coeficientes de correlações fortes, variando entre 0,9 e 1.

Comparando ambas as análises de correlação (Figuras 6 e 7), nota-se que os métodos são similares ao julgar as alternativas de piores desempenhos, no entanto, tendem a divergir quanto àquelas melhores avaliadas. Fato que comprova a mencionada hipótese sobre a distinção na formação de grupos a partir de avaliações individuais e coletivas.

5. Considerações finais

Este trabalho atingiu seu objetivo ao selecionar (escalar) os melhores grupos de jogadores, do Campeonato Brasileiro de 2017, através do uso de dois métodos da análise decisória distintos quanto a seus objetivos: o PROMETHEE II, utilizado para o ranqueamento de alternativas, e o MEM empregado para a escolha de grupos. Nos quais para as cinco posições analisadas, houve igualdade em duas (Laterais e Atacantes). A alternativa melhor ranqueada pelo PROMETHEE foi escolhida nos demais grupos formados pelo MEM, porém nunca em conjunto com a posição subsequente do *ranking* (2^a).

A comparação das técnicas também permitiu verificar a hipótese estabelecida nesta pesquisa, sobre a divergência entre desempenhos individuais e coletivos, na qual foi identificada distinção quanto às combinações melhores avaliadas, resultando uma correlação média, em torno de 0,5 e 0,6. Porém, tal diferença tende a se extinguir no decorrer das ordenações, indicando que alternativas de desempenhos precários, tendem a ser mal avaliadas tanto para o PROMETHEE, quanto para o MEM.

Dentre as limitações da pesquisa está o fato desta segmentar a problemática de formação (escalação) de equipes em cinco partes, escolhendo os melhores conjuntos de dois a dois, de acordo com cada posição analisada. Recomenda-se que trabalhos futuros atuem nesta lacuna, a fim de

determinar as equipes selecionando seus 11 jogadores de forma simultânea, analisando como se relacionam os atributos de toda a equipe.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense pelo apoio financeiro prestado durante a execução da pesquisa.

Referências

- Al-Madi, F., Al-Tarawneh, K. I., e Alshammari, M. A. (2016). HR Practices in the Soccer Industry: Promising Research Arena. *International Review of Management and Marketing*, 6.
- Al-Shboul, R., Syed, T., Memon, J., e Khan, F. (2017). Automated Player Selection for Sports Team using Competitive Neural Networks. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8.
- Añon, I. C., Scaglia, A., e Torezzan, C. (2017). Análise envoltória de dados aplicada para avaliação de jogadores de futebol. In *Anais do XXVIII SBPO*, Blumenau, SC.
- Arabzad, S. M., Ghorbani, M., e Shahin, A. (2013). Ranking players by DEA the case of English Premier League. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 15, 443–461.
- Atan, T., e Hüseyinoğlu, O. P. (2017). Simultaneous scheduling of football games and referees using Turkish league data. *International Transactions in Operational Research*, 24, 465–484.
- Barros, C.P., Assaf, A., e Sá-Earp, F. (2010). Brazilian football league technical efficiency: A simar and wilson approach. *Journal of Sports Economics*, 11, 641–651.
- Boon, B. H., e Sierksma, G. (2003). Team formation: Matching quality supply and quality demand. *European Journal of Operational Research*, 148, 277–292.
- Bosca, J., Liern, V., Martinez, A., e Sala, R. (2009). Increasing offensive or defensive efficiency? An analysis of Italian and Spanish football. *Omega*, 37, 63–78.
- Brans, J. P., Vincke, P., e Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 24, 228–238.
- Brans, J.-P. (2005). PROMETHEE methods. *International Series in Operations Research and Management Science*, 78, 163–195.
- Cambrainha, G. M., Fontana, M. E., Cambrainha, G. M., e Fontana, M. E. (2018). A multi-criteria decision-making approach to balance water supply-demand strategies in water supply systems. *Production*, 28.
- Cartola FC. (2017). <http://globoesporte.globo.com/cartola-fc/>. Acessado: 07/03/18
- Chelmis, E., Niklis, D., Baourakis, G., e Zopounidis, C. (2017). Multicriteria evaluation of football clubs: the Greek Superleague. *Operational Research*, 1–30.
- Costa, H. G. (2017). AHP-De Borda: a hybrid multicriteria ranking method. *Brazilian Journal of Operations e Production Management*, 14, 281–287.
- da Hora, H. R. M., e Costa, H. G. (2015). Proposta de um método multicritério para escolha múltipla. *Production*, 25, 441–453.
- Deloitte. (2018). <https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/sports-business-group/articles/deloitte-football-money-league.html>. Acessado: 30/01/18
- Durán, G., Guajardo, M., e Wolf-Yadlin, R. (2012). Operations research techniques for scheduling chile's second division soccer league. *Interfaces*, 42, 273–285.

Durán, Guillermo, Guajardo, M., e Sauré, D. (2017). Scheduling the South American Qualifiers to the 2018 FIFA World Cup by integer programming. *European Journal of Operational Research*, 262, 1109–1115.

Galariotis, E., Germain, C., e Zopounidis, C. (2017). *A combined methodology for the concurrent evaluation of the business, financial and sports performance of football clubs: the case of France*. Article in Press.

García-Sánchez, I. M. (2007). Efficiency and effectiveness of Spanish football teams: a three-stage-DEA approach. *Central European Journal of Operations Research*, 15, 21–45.

Goossens, D. R., e Spijksma, F. C. R. (2012). The Carryover Effect Does Not Influence Football Results. *Journal of Sports Economics*, 13, 288–305.

Guzmán, I., e Morrow, S. (2007). Measuring efficiency and productivity in professional football teams: evidence from the English Premier League. *Central European Journal of Operations Research*, 15, 309–328.

Huang, D. (2013). TOPSIS model and grey relational analysis for the football evaluation. *International Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 47, 148–155.

Marques, D. S. P., Costa, A. L., Marques, D. S. P., e Costa, A. L. (2016). Management of professional football (soccer) clubs: proposal of a specific governance model for the sector. *Organizações e Sociedade*, 23, 378–405.

Oukil, A., e Govindaluri, S. M. (2017). A systematic approach for ranking football players within an integrated DEA-OWA framework. *Managerial and Decision Economics*, 38, 1125–1136.

Ozceylan, E. (2016). A mathematical model using ahp priorities for soccer player selection: A case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 27, 190–205.

Principe, V., Gavião, L. O., Henriques, R., Lobo, V., Lima, G. B. A., e Sant’anna, A. P. (2017). Multicriteria analysis of football match performances: Composition of probabilistic preferences applied to the English premier league 2015/2016. *Pesquisa Operacional*, 37, 333–363.

Recalde, D., Torres, R., e Vaca, P. (2013). Scheduling the professional Ecuadorian football league by integer programming. *Computers and Operations Research*, 40, 2478–2484.

Ribeiro, C. C., e Urrutia, S. (2012). Scheduling the brazilian soccer tournament: Solution approach and practice. *Interfaces*, 42, 260–272.

Salles, S. A. F., Almeida, L. da C., da Hora, H. R. M., e Erthal, M. (2017). Mensuração da eficiência de clubes de futebol através do DEA: Estudo de caso com o campeonato brasileiro de 2016. In *Anais do VII Encontro Fluminense de Engenharia de Produção*, Nova Iguaçu, RJ.

Tavana, M., Azizi, F., Azizi, F., e Behzadian, M. (2013). A fuzzy inference system with application to player selection and team formation in multi-player sports. *Sport Management Review*, 16, 97–110.

Tiedemann, T., Francksen, T., e Latacz-Lohmann, U. (2011). Assessing the performance of German Bundesliga football players: a non-parametric metafrontier approach. *Central European Journal of Operations Research*, 19, 571–587.

WhoScored. (2017). <https://www.whoscored.com/>. Acessado: 16/08/2017

Zambom-Ferraresi, F., García-Cebrián, L. I., Lera-López, F., e Iráizoz, B. (2017). Performance Evaluation in the UEFA Champions League. *Journal of Sports Economics*, 18, 448–470.