

UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ORDINAIS MULTICRITÉRIO NA COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE PONTUAÇÃO DA FÓRMULA 1

Silvio Figueiredo Gomes Júnior

Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste – UEZO
Avenida Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, 23070-200, Rio de Janeiro, RJ
silviofgj@gmail.com

Maria Cecília de Carvalho Chaves

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio
Rua Marques de São Vicente 225, 22451-900, Rio de Janeiro, RJ
mariaceci@hotmail.com

Eliane Ribeiro Pereira

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Pasteur, 250, Urca, 22290-240, Rio de Janeiro, RJ
egribeiro@ufrj.br

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ.
jcsmello@pesquisador.cnpq.br

RESUMO

Os sistemas de avaliação em esportes buscam conciliar a obtenção de um vencedor e a subsequente classificação dos competidores, garantindo uma disputa interessante para público e atletas; e atrativa do ponto de vista econômico. Os regulamentos dos campeonatos esportivos baseiam-se em diversos métodos multicritério (e multidecisor), muitas vezes não reconhecidos pelos organizadores, ou mesmo utilizados de forma incorreta. O campeonato mundial de Fórmula 1 utiliza uma variação do método de Borda, conjugado com o método Lexicográfico. Este artigo mostra que alguns dos problemas ocorridos nas últimas temporadas dessa competição foram decorrentes da metodologia escolhida e da exacerbação de suas distorções. Propõe-se um novo sistema de pontuação para a Fórmula 1, utilizando os métodos de Condorcet e Copeland e o Método de Borda Modificado, a fim de diminuir as distorções geradas pelo atual sistema oficial de pontuação. Foram analisados os resultados dos campeonatos de 2002, 2009 e 2010.

Palavras-chave: Métodos Multicritério, Métodos de Classificação, Campeonato Mundial de Fórmula 1

Área principal: (Sistemas de Apoio para la Toma de Decisiones Multicriterio)

ABSTRACT

The assessment systems in sports seek to reconcile the achievement of a winner and the subsequent ranking of competitors, ensuring an interesting contest for the public and athletes, and attractive economically. The regulations of the athletic contests are based on several multicriteria methods (and multidecisor), often unrecognized by the organizers, or used incorrectly. The world championship of Formula 1 uses a variation of the Edge, in conjunction with the lexicographic method. This article shows that some of the problems in recent seasons due to this competition were chosen methodology and the exacerbation of their distortions. This paper proposes a new



scoring system for Formula 1, using the methods of Condorcet and Copeland and Modified Method of Edge, in order to reduce the distortions generated by the current official points system. We analyzed the results of the championship in 2002, 2009 and 2010.

Keywords: Multicriteria methods, Ranking methods, Formula 1 World Championship

1. Introdução

Diversas aplicações da Pesquisa Operacional (PO) em esportes podem ser encontradas na literatura atual. A elaboração de tabelas de campeonatos, que deve levar em consideração preferências e requerimentos conflitantes foi tratada em Nemhauser e Trick (1998). O futebol também tem merecido a atenção de pesquisadores nesta área, podendo-se destacar Nevill *et al.* (2002) que avaliam a influência do público nos juízes; Greenhough *et al.* (2002) que estudam a variação de gols ao longo de uma partida; e Boulier (2003) que investiga a previsão de resultados de jogos e campeonatos. Além de aplicações no futebol, Pollard (2002) verifica a alteração ocorrida no público dos jogos de baseball e *hockey* no gelo nos Estados Unidos, quando a equipe troca seu estádio antigo por um estádio novo. Holder e Nevill (1997) comparam o desempenho dos jogadores de tênis quando disputam partidas dentro e fora do seu país.

Investigações sobre o *Home Advantage* (vantagem de se jogar em casa) também tem ganho destaque na literatura. Thomas *et al.* (2004) discutem o *Home Advantage* no futebol inglês; Dobson e Gerrard (1999) sugerem um método para o cálculo do preço de jogadores. Gomes Junior *et al.* (2011) realizam uma avaliação de desempenho dos países nos jogos Pan-Americanos, com o propósito de verificar a ocorrência de *Home Advantage*. Diversas outras modalidades esportivas são alvo do estudo científico da PO, como o *cricket*, o *baseball*, o tênis, o boxe e a natação. Maiores detalhes podem ser vistos em Duckworth e Lewis (1998), Balmer *et al.* (2005), Sueyoshi *et al.* (1999), Pollard (2002) e Preston e Thomas (2000).

Em relação à utilização da PO para avaliar as competições de Fórmula 1, Kladroba (2000) discute critérios para estabelecimento de *rankings* e utiliza como exemplo os resultados do campeonato de 1998, enquanto Soares de Mello *et al.* (2005b) utiliza métodos multicritério para estabelecer a classificação dos pilotos no campeonato de 2002.

No Brasil já se observa um número crescente de artigos que utilizam a PO nos esportes. Soares de Mello *et al.* (2008) propõem um modelo DEA (Análise Envoltória de Dados) para *rankings* olímpicos, Gomes Junior e Soares de Mello (2007b) realizam uma avaliação dos pilotos no campeonato mundial de Fórmula 1, com o uso de um modelo DEA. Chaves *et al.* (2010) utilizam o ELECTRE II para identificar pilotos que atendam às reais necessidades de equipes de F1 pequenas e médias.

Um campeonato esportivo é um conjunto de vários jogos, ou provas, cujos resultados são agregados para estabelecer o *ranking* final da competição, conforme descrevem Gomes Júnior e Soares de Mello (2007a). Algumas vezes há uma agregação completa, em outras cada resultado indica quais são os próximos jogos. Em qualquer dos casos, se cada jogo for interpretado como um critério, ou um decisor, o resultado final do campeonato é um problema multicritério, normalmente ordinal.

Este artigo é uma variação do trabalho apresentado por Gomes Júnior e Soares de Mello (2007a), cujo objetivo é mostrar que alguns dos problemas ocorridos em temporadas do Campeonato Mundial de Fórmula 1 são decorrentes da aplicação da variante do método de Borda utilizada pelo sistema oficial de pontuação da competição e da exacerbação de suas distorções. Este trabalho propõe uma classificação para os campeonatos dos anos de 2002, 2009 e 2010, utilizando os métodos de Condorcet e Copeland e Método de Borda Modificado, com o uso de medianas, a fim de diminuir tais distorções.

2. Métodos Multidecisor (Métodos de Condorcet, Copeland, Borda e Borda Modificado com utilização das Medianas)

Os primeiros métodos de Apoio à Decisão Multicritério datam formalmente da década de 70. Contudo, ainda no século XVIII, durante a Revolução Francesa, surgiram os métodos ordinais de Borda e Condorcet, que podem ser considerados como precursores das escolas francesa e americana, elaboradas posteriormente (Soares de Mello *et al.*, 2005a).

O Apoio Multicritério à Decisão consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar a tomada de decisão, quando da presença de uma multiplicidade de critérios (Gomes, 2007).

A forma de explicitar as estruturas de preferência do decisor varia de acordo com o método de análise multicritério escolhido. Os chamados métodos ordinais são considerados bastante intuitivos e pouco exigentes, tanto em termos computacionais, quanto em relação às informações necessárias por parte do decisor. Desse decisor não são exigidas mais do que as pré-ordens relativas a cada critério (Pomerol e Barba-Romero, 2000). Para o uso dos métodos ordinais, o decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências ou, eventualmente, usar uma ordenação natural como, por exemplo, a renda obtida.

Para a escolha do método ordinal é importante conhecer as suas características. Arrow (1950, 1951) sistematizou as condições necessárias para que um sistema não produzisse paradoxos e ao mesmo tempo fosse justo. Um método é considerado justo quando satisfaz a cinco axiomas: independência em relação às alternativas irrelevantes, ordem total (sem intransitividades e sem incomparabilidades), unanimidade de Pareto, transitividade e universalidade, tendo sido demonstrado, em seguida, a impossibilidade da existência de tal método. Assim, deve-se escolher o método que mais se adapte à situação analisada.

São de especial interesse no estudo a ser desenvolvido neste trabalho três dos axiomas de Arrow: os da independência em relação às alternativas irrelevantes, da transitividade e da universalidade. O primeiro afirma que a ordem de preferência entre duas alternativas não deve depender das suas preferências em relação a uma terceira alternativa. O axioma da transitividade afirma que se uma alternativa é preferível a uma segunda, e esta a uma terceira, então a primeira deve ser preferível à terceira (o fato de em resultados de jogos de futebol não se verificar esta propriedade é o motivo da afirmação popular de que “futebol não tem lógica”). Já o axioma da universalidade exige que o método funcione, respeitando todos os outros axiomas, para qualquer conjunto de preferências dos decisores. Assim, um método que respeite os axiomas em alguns casos particulares, não respeita a universalidade.

Na literatura, os três métodos multicritério ordinais mais referenciados são os de Borda, Condorcet e Copeland, podendo aparecer variantes mais elaboradas dos métodos básicos (Levin e Nalebuff, 1995; Smith, 2006 e Brandt, 2009). A grande vantagem da facilidade de uso e compreensão destes métodos é realçada por Kangas *et al.* (2006) e Laukkanen *et al.* (2004), que os aplicam a problemas de gestão florestal. Leskinen *et al.* (2004) advertem para o perigo de se extrair mais informação do que se deve de resultados que combinam informações ordinal e cardinal.

O método de Borda, considerado precursor da escola americana de multicritério (Gomes *et al.*, 2004), que na essência é uma soma de pontos, tem a grande vantagem da simplicidade e, por isso, algumas de suas variantes são usadas em competições desportivas (Soares de Mello *et al.*, 2005b; Kladroba, 2000). Rocha e Cavalcanti Netto (2002) o utilizaram como auxílio na avaliação de fornecedores de uma empresa petrolífera.

Para o uso do método de Borda, cada decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências. À alternativa preferida é atribuído um ponto, à segunda em ordem de preferência dois pontos e assim sucessivamente. Ao final, os pontos atribuídos pelos decisores à cada alternativa são somados e a alternativa que tiver obtido a menor pontuação será a escolhida (Dias *et al.*, 1996). Todas as alternativas são ordenadas por ordem decrescente de pontuação (o que garante o respeito ao axioma da totalidade). Em esportes, variações do método de Borda são usadas com frequência, bastando para tal considerar cada competição como um decisor, e as suas preferências como a classificação final da competição. É normal fazer uma inversão do método, atribuindo maior número de pontos à alternativa mais preferida (concorrente vencedor da competição). Esta é uma modificação sem grande importância, mas outras, que geram algumas distorções, são também usadas e serão descritas adiante. Destaque-se que um dos poucos exemplos de utilização do método de Borda original ocorre nas competições de iatismo, disputadas nos Jogos Olímpicos.

Apesar de sua simplicidade e amplo uso de suas variações, o método de Borda não respeita um dos axiomas de Arrow: a classificação final de duas alternativas não é independente em relação às suas classificações em relação a alternativas irrelevantes. Tal fato pode gerar situações indesejáveis, como numa votação em que o último votante sabe as preferências dos

anteriores e altera as suas preferências, de modo a dar mais chances à sua alternativa preferida. Ou, no caso de interesse deste estudo, estimular inversões anti-esportivas de posições numa competição para beneficiar um competidor.

O método de Condorcet é considerado precursor da escola francesa de multicritério. Nele as alternativas são comparadas sempre duas a duas e constrói-se um grafo que expressa a relação entre elas (Boaventura Neto, 2003). Neste método também se exige que cada decisor ordene todas as alternativas de acordo com suas preferências. Todavia, ao invés de se atribuir uma pontuação a cada alternativa, o método estabelece relações de superação. Deve-se verificar, em cada par de alternativas, qual delas foi preferida pela maioria dos decisores. Nesse caso, diz-se que esta alternativa é preferível em relação à outra. Podem ser traçados grafos representativos destas relações de preferência, em que o arco (u, v) pertence ao grafo se, e só se, o número de decisores que preferiram u a v é maior ou igual ao dos que preferiram v a u . Estes resultados são análogos aos que seriam obtidos com o método ELECTRE I (Roy e Bouyssou, 1993), desde que não houvesse veto ou discordância, nem limiares de indiferença.

Através da representação da relação de preferência por um grafo, a determinação de alternativas dominantes e dominadas (quando existem), fica bastante facilitada. Quando existe uma e só uma alternativa dominante, ela é a escolhida. O método de Condorcet, considerado mais justo que o de Borda, tem a grande desvantagem de conduzir a situações de intransitividade, levando ao célebre “paradoxo de Condorcet”. Este ocorre quando A é preferível a B , B é preferível a C e C é preferível a A (situação conhecida como “Tripleta de Condorcet”, ilustrada na Figura 1). Isto significa que o método de Condorcet nem sempre induz uma pré-ordem no conjunto das alternativas. Se o objetivo for realizar uma escolha, mesmo com intransitividades o método de Condorcet tem uma vantagem: obriga a intervenções interativas com o decisor, evitando o paradigma do ótimo. Este paradigma é criticado em Clímaco (2003). No entanto, existem aplicações em que não ocorrem ciclos de intransitividade, como por exemplo em votações políticas em que os eleitores tenham uma coerência coletiva, ordenando as alternativas da mais à esquerda para a mais à direita, ou o contrário. Em situações análogas a esta, o método de Condorcet deve ser preferido ao método de Borda. Entretanto, vale lembrar que um método multidecisor deve respeitar o axioma da universalidade, e isto não acontece com o de Condorcet.

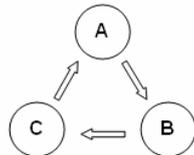


Figura 1 – Tripleta de Condorcet.

Em suma, a escolha entre os métodos de Borda e Condorcet é uma escolha entre permitir situações de possível manipulação de resultados ou de dificuldades para obter um resultado completo.

Quando existem ciclos de intransitividade no método de Condorcet, o método de Copeland permite fazer a ordenação e mantém a ordenação das alternativas que não pertencem a nenhum ciclo de intransitividade. O método de Copeland usa a mesma matriz de adjacência que representa o grafo do método de Condorcet. A partir dela, calcula-se a soma das vitórias menos as derrotas, em uma votação por maioria simples. As alternativas são então ordenadas pelo resultado decrescente dessa soma. O método de Copeland alia a vantagem de sempre fornecer uma ordenação total (ao contrário do de Condorcet), ao fato de dar o mesmo resultado de Condorcet, quando este não apresenta nenhum ciclo de intransitividade. Quando esses ciclos existem, o método de Copeland permite fazer a ordenação e mantém a ordenação das alternativas que não pertencem a nenhum ciclo de intransitividade. Apesar de computacionalmente mais exigente que o de Borda, quando há necessidade de se estabelecer uma relação de pré-ordem, ou ordem *latus sensu*, este método fornece sempre uma resposta (o que não acontece com o método de Condorcet) e, apesar de não eliminar, reduz bastante a influência de alternativas irrelevantes.

Outro método elementar usado em esportes é o Lexicográfico, em especial na

elaboração do quadro de medalhas dos Jogos Olímpicos (Gomes *et al.*, 2001, Lins *et al.*, 2003, Soares de Mello *et al.*, 2001).

O método de Copeland pode ser considerado um compromisso entre as filosofias opostas de Borda e Condorcet, reunindo, dentro do possível, as vantagens dos dois e, por isso, foi a abordagem escolhida neste artigo para solucionar quaisquer problemas de intransitividade ocorridos na matriz de Condorcet.

No entanto, em se tratando de competições esportivas, os métodos de Condorcet e Copeland são bastante complexos para o entendimento do público em geral. Por esta razão, propõe-se neste trabalho um método alternativo ao de Borda para estabelecer as ordenações das alternativas no caso do Campeonato Mundial de Fórmula 1. O método, denominado Método de Borda Modificado, faz com que as alternativas sejam ordenadas por meio de suas medianas, em ordem crescente. Essa variação permite que o método seja menos influenciado pelas alternativas irrelevantes e pelas posições extremas, minimizando as distorções do Método de Borda. Além disso, torna-o de mais fácil compreensão para o público do que os métodos de Condorcet e Copeland. A ordenação pelo Método de Borda Modificado considera todas as posições de chegada do piloto em uma corrida de Fórmula 1, incluindo as corridas não completadas pelo piloto, seja devido à quebra, batida, ou quaisquer outros fatores. O método considera que o piloto participou de todas as provas do campeonato. Assim, caso haja alguma troca de piloto por uma equipe ao longo do campeonato, o piloto é ordenado na última posição de uma corrida da qual não tenha participado.

3. O Campeonato Mundial de Fórmula 1

Dentre as modalidades de automobilismo, a Fórmula 1 é a mais popular e a que envolve os maiores investimentos. O campeonato de Fórmula 1 é originário das competições de Grande Prêmios (GPs) e foi inaugurado em 1950, na Inglaterra (Chaves *et al.*, 2010).

O sistema de pontuação da categoria tem passado por diversas modificações desde sua criação. A temporada 2010 marcou o início de um novo sistema de pontuação, que passa a premiar até o 10º colocado em cada GP. Haigh (2009) realiza um estudo no qual apresenta os usos e limitações da matemática aplicada em esportes, apresentando diferenças e similaridades que surgem de diferentes sistemas de pontuação utilizados pelas competições, dentre elas a Fórmula 1. A tabela 1 apresenta os sistemas de pontuação que foram utilizados pelos campeonatos de Fórmula 1 desde seu início, em 1950.

Tabela 1: Sistemas de Pontuação utilizados no Campeonato Mundial de Fórmula 1

| Temporada/Posição | 1º | 2º | 3º | 4º | 5º | 6º | 7º | 8º | 9º | 10º |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1950 – 1959 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 | | | | | |
| 1960 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | |
| 1961 - 1990 | 9 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | |
| 1991 – 2002 | 10 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | |
| 2003 – 2009 | 10 | 8 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 2009 – atual | 25 | 18 | 15 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 1 |

O regulamento do campeonato mundial de Fórmula 1 determina que o campeão da temporada é o piloto que somar maior número de pontos ao final de todas as corridas da temporada. Os demais pilotos também têm a sua classificação no campeonato determinada pelo total de pontos alcançados. Durante muitos anos, somente os seis primeiros colocados de cada corrida marcavam pontos. A partir de 2003, em cada corrida, os oito primeiros colocados passaram a somar pontos, sendo a pontuação de cada colocado apresentada na Tabela 1. Finalmente, a temporada de 2010 marcou o início do atual sistema de pontuação, que garante pontuação aos 10 primeiros colocados.

Este artigo tem como objetivo apresentar uma nova alternativa para formulação da classificação do campeonato de pilotos de Fórmula 1, baseada na utilização dos métodos de Condorcet e Copeland e Método de Borda Modificado com utilização de medianas, com intuito de diminuir as distorções geradas pela utilização da variante do método de Borda utilizada pelo

sistema oficial de pontuação da competição. Com este intuito foram consideradas as temporadas de 2002, 2009 (representando cada um dos dois últimos sistemas adotados de pontuação) e 2010, que é o primeiro ano do atual sistema, além de ter sido o último campeonato disputado.

Todos os sistemas de pontuação já utilizados, assim como o atual, são, na verdade, uma variação do método de Borda. A diferença mais evidente em relação ao método de Borda tradicional é que os primeiros colocados marcam mais pontos, enquanto no método original marcam menos. Esta se justifica pelo fato de nem todos os concorrentes terminarem, ou até participarem, de todas as corridas. Um piloto que não participasse de uma corrida não pontuaria, o que seria uma situação melhor do que ser o primeiro colocado. É, portanto, uma alteração que permite a operacionalização do método no caso de competições esportivas, cujo objetivo é a vitória.

A outra diferença é mais importante: enquanto no método original a diferença entre duas colocações é a mesma, já que se trata de um método ordinal, na Fórmula 1 a diferença atual entre o primeiro e segundo colocados e entre o segundo e o terceiro colocados é maior que entre o terceiro e o quarto. Isso acarreta uma sobrevalorização das vitórias e torna o método ainda mais benevolente com os pilotos regulares do que nos sistemas anteriores (10 pilotos pontuam ao invés de 8 no ano de 2009 e 6 no ano de 2002) e subvaloriza os pilotos regulares nas últimas posições. Apesar de essas características estarem acentuadas no sistema em vigor, elas já podiam ser notadas nos sistemas anteriores. Em geral, a intenção é valorizar a vitória e não dar atenção às disputas pelos últimos lugares.

A diferença adotada nas pontuações obtidas pelos pilotos, em que pesem as suas boas intenções, acarreta severas distorções. A primeira, de ordem teórica, é que tenta tratar de forma cardinal um método ordinal. Com efeito, se os dois primeiros colocados chegarem com uma pequena diferença, mesmo assim terão uma diferença de pontuação maior que a existente entre dois outros quaisquer pilotos que, mesmo chegando com uma diferença grande, ocupem posições secundárias. Um exemplo deste fato ocorreu no Grande Prêmio da Espanha, em 1986, em que o vencedor da prova, o brasileiro Ayrton Senna, chegou a uma diferença de apenas 0,014 segundos do segundo colocado, o inglês Nigel Mansell. O sistema de pontuação utilizado na ocasião rendeu à Senna 3 pontos a mais do que a Mansell.

Uma segunda consequência é mais grave. Como a diferença de pontuação entre dois pilotos com classificações imediatas é diferente conforme a posição, a falta de independência em relação às alternativas irrelevantes é agravada. Isso ocorre tanto nos primeiros quanto nos últimos lugares. Em relação a estes, menos visados pelos meios de comunicação, pode ocorrer de um piloto ficar sempre na frente de outro, em posições posteriores à décima. No entanto, na última corrida a situação se inverte só que o piloto habitualmente atrás fica numa posição pontuável, devido, por exemplo, a vários abandonos entre os primeiros. Esse piloto acaba obtendo no campeonato uma classificação melhor do que o outro, que o bateu em quase todas as corridas. Ou seja, um piloto que habitualmente fique entre os últimos, para obter uma classificação razoável no campeonato precisa apenas não abandonar uma corrida em que haja um número muito grande de desistências. Já um piloto mediano, com colocações entre 11º e 12º, se não der a sorte de permanecer na pista em alguma corrida com alto índice de abandono, acabará nem pontuando.

Em relação aos primeiros lugares, já houve várias situações noticiadas. Se dois pilotos da mesma equipe ocuparem as duas primeiras posições, podem trocar de posição, de forma a que um deles se beneficie da maior pontuação atribuída ao primeiro colocado para melhorar a sua situação no campeonato. Essa situação pôde ser observada no GP da Áustria em 2002 (Schumacher e Barrichello) e no GP da Alemanha em 2010, protagonizada por Alonso e Massa. Como curiosidade, no final do campeonato de 2002, quando a disputa era pelo vice-campeonato, foi a vez de Schumacher ceder a vitória a Barrichello no GP dos EUA. É evidente que, mesmo que tivesse sido usado o método de Borda original, a inversão traria benefícios à equipe Ferrari. Mas, sendo menor a diferença de pontos, também seria menor o benefício.

Há ainda uma situação que afeta tanto as melhores equipes, quanto as piores e intermediárias. É o caso de um piloto bem colocado ser desclassificado. Essa situação altera a relação de pontuação entre os primeiros e faz com que um piloto que não tenha inicialmente

pontuado passe a pontuar. Isso pode alterar a classificação final de construtores, com possíveis reflexos financeiros.

Para evitar essa situação, já houve a ocorrência de desclassificação de um piloto, sem que os que se encontravam em colocações posteriores tivessem a sua situação alterada. Pode-se, ainda, citar uma situação mais extrema, como ocorrida em 1997. Nesse ano, após a última corrida, Michael Schumacher foi punido por reincidência de atitude não esportiva, pela forma usada para tentar impedir uma ultrapassagem de Jacques Villeneuve, no grande prêmio da Espanha. Perdeu todos os pontos e o vice-campeonato, mas foi mantida a sua classificação em todas as corridas. Caso tivesse sido desclassificado nas corridas da temporada, teriam ocorrido profundas modificações nos resultados do campeonato.

O regulamento prevê ainda a possibilidade de empates na pontuação final, preconizando sucessivos critérios de desempate. Assim, o regulamento usa, na verdade, o método Lexicográfico, sendo o critério mais importante (e, portanto, o primeiro a ser usado) a pontuação durante o campeonato. Havendo dois pilotos com o mesmo número de pontos somados ao final do campeonato, é considerado o maior número de vitórias de cada um para estabelecer o desempate. Permanecendo o empate, o segundo critério utilizado é o maior número de corridas terminadas em segundo lugar por um piloto, e assim sucessivamente.

Como uma eventual vitória depende da atuação de outros pilotos, o uso do número de vitórias como segundo critério no método lexicográfico agrava ainda mais a falta de independência em relação às alternativas irrelevantes.

4. Análise dos Campeonatos de 2002, 2009 e 2010

A análise da tabela 2 permite perceber as alterações ocorridas na Fórmula 1 na última temporada, quando foram aumentadas o número de corridas e de equipes, com consequente aumento do número de pilotos que disputam o campeonato, uma vez que cada equipe compete com 2 pilotos, um em cada carro. Um dado importante é o número total de pilotos que participaram de cada campeonato, pois uma equipe pode alterar seu piloto durante a competição por motivos diversos, como acidente com o piloto, ou até mesmo quebra de contrato. Este dado irá interferir na ordenação final apresentada pelo Método de Borda Modificado como será apresentado mais adiante nas conclusões.

Tabela 2: Características dos campeonatos analisados

| Ano | 2002 | 2009 | 2010 |
|---------------------------------|------|------|------|
| Corridas | 17 | 17 | 19 |
| Equipes | 11 | 10 | 12 |
| Pilotos/corrída | 22 | 20 | 24 |
| Total pilotos | 23 | 25 | 27 |
| Pilotos que pontuam por corrida | 06 | 08 | 10 |

A tabela 3 mostra a matriz de adjacência obtida para o grafo de Condorcet relativo ao campeonato de Fórmula 1 de 2010. O número 1 significa que o piloto indicado na linha obteve mais vezes uma classificação melhor que o piloto cujas iniciais são indicadas na coluna. Para efeitos da construção dessa matriz considera-se que entre dois pilotos que abandonaram aquele que completou mais voltas ficou melhor classificado. Além disso, um piloto que tenha abandonado uma prova superou aquele que não obteve tempos para se classificar para a largada; e este foi melhor que aquele que nem participou dos treinos. Os espaços em branco equivalem a zeros. A ordem em que os pilotos aparecem na matriz equivale à sua classificação oficial no campeonato. As matrizes de adjacência de Condorcet para os anos de 2002 e 2009 seguem a mesma regra de construção e não estão mostradas neste trabalho por serem também bastante extensas.

As classificações finais de todas as corridas foram obtidas no site oficial da Fórmula 1, www.fl.com (2011).

Tabela 3: Matriz de adjacência do grafo de Condorcet para o campeonato de 2010

| | Sebastian Vettel | Fernando Alonso | Mark Webber | Lewis Hamilton | Jenson Button | Felipe Massa | Nico Rosberg | Robert Kubica | Michael Schumacher | Rubens Barrichello | Adrian Sutil | Kamui Kobayashi | Vitaly Petrov | Nico Hulkenberg | Vitantonio Liuzzi | Sebastien Buemi | Pedro de la Rosa | Nick Heidfeld | Jaime Alguersuari | Heikki Kovalainen | Jarno Trulli | Karun Chandhok | Bruno Senna | Lucas di Grassi | Timo Glock | Sakon Yamamoto | Christian Klien | |
|--------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------|-------------------|-------------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|------------|----------------|-----------------|--|
| Sebastian Vettel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fernando Alonso | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mark Webber | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lewis Hamilton | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jenson Button | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Felipe Massa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nico Rosberg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Robert Kubica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Michael Schumacher | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rubens Barrichello | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adrian Sutil | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kamui Kobayashi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vitaly Petrov | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nico Hulkenberg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vitantonio Liuzzi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sebastien Buemi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pedro de la Rosa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nick Heidfeld | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jaime Alguersuari | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Heikki Kovalainen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jarno Trulli | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Karun Chandhok | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bruno Senna | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lucas di Grassi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Timo Glock | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sakon Yamamoto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Christian Klien | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

As tabelas 4, 5 e 6, apresentadas a seguir, indicam a ordenação final obtida pelo método oficial da Fórmula 1 (1), pelo método de Copeland (2) - que fornece a mesma ordenação do método de Condorcet e consegue eliminar as intransitividades; e pelo método de Borda Modificado com utilização das medianas (3). A tabela 4 refere-se ao campeonato de 2002, a tabela 5 ao campeonato de 2009 e, por fim, a tabela 6, ao campeonato de 2010.

Tabela 4: Resultados obtidos para o campeonato de 2002

| Piloto | Classificação Oficial (1) | Classificação de Copeland (2) | Classificação Mediana (3) | Diferença (1) e (2) | Diferença (1) e (3) |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Michael Schumacher | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Rubens Barrichello | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| Juan Pablo Montoya | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| Ralf Schumacher | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| David Coulthard | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Kimi Räikkönen | 6 | 12 | 15 | -6 | -9 |
| Jenson Button | 7 | 7 | 6 | 0 | 1 |
| Jarno Trulli | 8 | 8 | 12 | 0 | -4 |
| Eddie Irvine | 9 | 9 | 9 | 0 | 0 |
| Nick Heidfeld | 10 | 6 | 7 | 4 | 3 |
| Giancarlo Fisichella | 11 | 13 | 13 | -2 | -2 |
| Jacques Villeneuve | 12 | 10 | 8 | 2 | 4 |
| Felipe Massa | 13 | 14 | 16 | -1 | -3 |
| Olivier Panis | 14 | 16 | 17 | -2 | -3 |
| Takuma Sato | 15 | 15 | 10 | 0 | 5 |
| Mark Webber | 16 | 17 | 18 | -1 | -2 |
| Mika Salo | 17 | 11 | 11 | 6 | 6 |
| Heinz-Harald Frentzen | 18 | 20 | 20 | -2 | -2 |
| Allan McNish | 19 | 19 | 19 | 0 | 0 |
| Alex Yoong | 20 | 21 | 21 | -1 | -1 |
| Pedro de la Rosa | 21 | 18 | 14 | 3 | 7 |
| Enrique Bernoldi | 22 | 22 | 22 | 0 | 0 |
| Anthony Davidson | 23 | 23 | 23 | 0 | 0 |

Tabela 5: Resultados obtidos para o campeonato de 2009

| Piloto | Classificação Oficial (1) | Classificação de Copeland (2) | Classificação Mediana (3) | Diferença (1) e (2) | Diferença (1) e (3) |
|----------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Jenson Button | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Sebastian Vettel | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| Rubens Barrichello | 3 | 3 | 4 | 0 | -1 |
| Mark Webber | 4 | 4 | 3 | 0 | 1 |
| Lewis Hamilton | 5 | 7 | 7 | -2 | -2 |
| Kimi Räikkönen | 6 | 5 | 5 | 1 | 1 |
| Nico Rosberg | 7 | 6 | 6 | 1 | 1 |
| Jarno Trulli | 8 | 10 | 12 | -2 | -4 |
| Fernando Alonso | 9 | 8 | 9 | 1 | 0 |
| Timo Glock | 10 | 9 | 8 | 1 | 2 |
| Felipe Massa | 11 | 18 | 19 | -7 | -8 |
| Heikki Kovalainen | 12 | 11 | 11 | 1 | 1 |
| Nick Heidfeld | 13 | 12 | 10 | 1 | 3 |
| Robert Kubica | 14 | 13 | 14 | 1 | 0 |
| Giancarlo Fisichella | 15 | 14 | 13 | 1 | 2 |
| Sebastien Buemi | 16 | 16 | 16 | 0 | 0 |
| Adrian Sutil | 17 | 17 | 17 | 0 | 0 |
| Kamui Kobayashi | 18 | 24 | 24 | -6 | -6 |
| Sebastien Bourdais | 19 | 20 | 20 | -1 | -1 |
| Kazuki Nakajima | 20 | 15 | 15 | 5 | 5 |
| Nelsinho Piquet | 21 | 19 | 18 | 2 | 3 |
| Vitantonio Liuzzi | 22 | 21 | 23 | 1 | -1 |
| Romain Grosjean | 23 | 22 | 22 | 1 | 1 |
| Jaime Alguersuari | 24 | 23 | 21 | 1 | 3 |
| Luca Badoer | 25 | 25 | 25 | 0 | 0 |

Tabela 6: Resultados obtidos para o campeonato de 2010

| Piloto | Classificação Oficial (1) | Classificação de Copeland (2) | Classificação Mediana (3) | Diferença (1) e (2) | Diferença (1) e (3) |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Sebastian Vettel | 1 | 2 | 1 | -1 | 0 |
| Fernando Alonso | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| Mark Webber | 3 | 5 | 3 | -2 | 0 |
| Lewis Hamilton | 4 | 3 | 4 | 1 | 0 |
| Jenson Button | 5 | 4 | 5 | 1 | 0 |
| Felipe Massa | 6 | 8 | 7 | -2 | -1 |
| Nico Rosberg | 7 | 6 | 6 | 1 | 1 |
| Robert Kubica | 8 | 7 | 8 | 1 | 0 |
| Michael Schumacher | 9 | 9 | 9 | 0 | 0 |
| Rubens Barrichello | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 |
| Adrian Sutil | 11 | 11 | 11 | 0 | 0 |
| Kamui Kobayashi | 12 | 14 | 12 | -2 | 0 |
| Vitaly Petrov | 13 | 12 | 14 | 1 | -1 |
| Nico Hulkenberg | 14 | 15 | 17 | -1 | -3 |
| Vitantonio Liuzzi | 15 | 16 | 15 | -1 | 0 |
| Sebastien Buemi | 16 | 17 | 16 | -1 | 0 |
| Pedro de la Rosa | 17 | 21 | 23 | -4 | -6 |
| Nick Heidfeld | 18 | 26 | 26 | -8 | -8 |
| Jaime Alguersuari | 19 | 13 | 13 | 6 | 6 |
| Heikki Kovalainen | 20 | 18 | 18 | 2 | 2 |
| Jarno Trulli | 21 | 19 | 20 | 2 | 1 |
| Karun Chandhok | 22 | 24 | 24 | -2 | -2 |
| Bruno Senna | 23 | 23 | 22 | 0 | 1 |
| Lucas di Grassi | 24 | 20 | 21 | 4 | 3 |
| Timo Glock | 25 | 22 | 19 | 3 | 6 |
| Sakon Yamamoto | 26 | 25 | 25 | 1 | 1 |
| Christian Klien | 27 | 27 | 27 | 0 | 0 |

5. Resultados

É importante analisar a correlação entre as diversas ordenações encontradas. Para isto é determinado o coeficiente de correlação de Pearson (r), que é uma medida do grau de relação

linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita, mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis investigadas.

O coeficiente de correlação (r) de Pearson é obtido através da equação (1).

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum (x_i - \bar{x})^2)(\sum (y_i - \bar{y})^2)}} \quad (1)$$

Na equação (1), o valor x_i é a ordenação entre cada alternativa no primeiro *ranking* a ser comparado e \bar{x} é a média das ordenações do respectivo *ranking*. O segundo ranking comparado fornece as variáveis y_i e \bar{y} . Os resultados encontrados estão apresentados na tabela 7:

Tabela 7: coeficiente de correlação de Pearson

| | 2002 | 2009 | 2010 |
|-------------|-------|-------|-------|
| (I) e (II) | 0,943 | 0,948 | 0,946 |
| (I) e (III) | 0,870 | 0,928 | 0,938 |

Na tabela 7, os coeficientes de correção de Pearson (I) e (II) referem-se às comparações entre as ordenações da classificação oficial e a classificação de Condorcet. Já o coeficiente (I) e (III) relaciona as ordenações da classificação oficial e a classificação de Borda Modificado, com a utilização das medianas.

6. Conclusões

Foi mostrado ao longo deste artigo que, devido à analogia formal entre o campeonato mundial de Fórmula 1 e um processo de escolha multidecisor, não existe um regulamento que possa ser considerado justo.

No entanto, o regulamento vigente até 2002, agrava os defeitos do método de Borda, no qual ele se baseia. O método de Condorcet permite contornar as distorções do método da variante do método de Borda usado, mas nem sempre fornece uma ordenação completa, devido à existência dos ciclos de intransitividade, que ocorreu nos três campeonatos analisados. A utilização do método de Copeland resolve os problemas de intransitividade do método de Condorcet. No entanto, tanto o método de Condorcet quanto o método de Copeland são extremamente técnicos para serem entendidos pelo público em geral. O método de Borda Modificado com utilização das medianas permite contornar as distorções da variante do método do método de Borda usado na classificação do campeonato, por minimizar as distorções geradas pelo método oficial utilizado, já descritas ao longo deste trabalho; além de ser pouco dependente das posições extremas.

A comparação entre a classificação oficial e a obtida pelos demais métodos utilizados apresenta resultados muito semelhantes nas primeiras posições, com maiores discordâncias nas posições inferiores. É um resultado natural, já que a variante do método de Borda usada apenas pontua os primeiros colocados em cada corrida (6 em 2002, 8 em 2009 e 10 em 2010).

As maiores diferenças entre os métodos oficial e de Borda modificado com utilização das medianas ocorrem porque o segundo método considera todas as posições do piloto nas provas, inclusive com as quebras e corridas que o piloto não participou, como mencionado no item 5. Por este motivo, o aumento do número de trocas de pilotos ao longo no campeonato gera uma diferença maior entre as classificações I e III, uma vez que o cálculo da mediana considera todas as corridas do campeonato, que pode ser verificado pelos valores inferiores do coeficiente de Pearson em relação à comparação das classificações I e II. Entretanto, a variação é pequena,

mostrando que o método sugerido é bastante eficaz para o estudo realizado.

Para finalizar, efetuou-se um estudo aplicando o sistema de pontuação dos campeonatos dos anos de 2002 e 2009 ao campeonato de 2010. Com estes sistemas de pontuação, a única alteração nas 10 primeiras posições da classificação ocorria entre os pilotos Mark Webber e Lewis Hamilton, 3º e 4º colocados, respectivamente. Estes pilotos teriam suas posições invertidas com o sistema de pontuação utilizado no ano de 2009.

Referências

- Arrow, K.J.** *Social Choice and Individual Values*. Wiley, New York, EUA, 1951
- Arrow, K. J.** (1950), A Difficulty in the Concept of Social Welfare, *The Journal of Political Economy*, vol. 58, n. 4, 328-346.
- Balmer, N.J.A , Nevill, A.M.B e Lane, A.M.B.** (2005), Do judges enhance home advantage in European championship boxing?, *Journal of Sports Sciences*, vol. 23, n. 4, 409-416.
- Boaventura Netto, P.O.** *Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos*. Edgard Blücher, São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2003
- Boulier, B.L.** (2003), Predicting the outcomes of National Football League games, *International Journal of Forecasting*, vol. 19, n. 2, 257-270.
- Brandt, F.** (2009), Some Remarks on Dodgson's Voting Rules, *Mathematical Logic Quarterly*, vol. 55, n. 4, 460-463.
- Clímaco, J. C. N.** (2003), A critical reflection on optimal decision, *European Journal of Operational Research*, vol. 153, 506-516.
- Chaves, M. C. C., Gomes Junior, S. F., Pereira, E. R. e Soares de Mello, J. C. B.** (2010) Utilização do método ELECTRE II para avaliação de pilotos no campeonato de F1, *Produção*, vol. 20, n. 1, 102-113.
- Dias, L.M.C., Almeida, L.M.A.T. e Clímaco, J.C.N.** *Apoio Multicritério à Decisão*. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 1996.
- Dobson, S. A. C. D. e Gerrard, B. B. E.** (1999), The determination of player transfer fees in english professional soccer, *Journal of Sport Management*, vol. 13, n. 4, 259-279.
- Duckworth, F. C. A. e Lewis, A. J. B.** (1998), A fair method for resetting the target in interrupted one-day cricket matches, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 49, n.3, 220-227.
- Fórmula 1** (2011) The official F1 website, disponível em <<http://www.f1.com>> Página consultada em 13 de janeiro de 2011.
- Gomes, L. F. A. M.** *Teoria da Decisão*. São Paulo: Thomson, 2007.
- Gomes, L. F. A. M.; Araya M. C. G, e Carignano C.** *Tomada de Decisões em Cenários Complexos*. São Paulo: Thomson, 2004.
- Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B. e Lins, M.P.E.,** (2001) Uso de Análise de Envoltória de Dados e Auxílio Multicritério à Decisão na análise de dados das Olimpíadas 2000. *Anais do XXI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, Brasil.
- Gomes Júnior, S. F. e Soares de Mello, J. C. C. B.,** (2007a), Emprego de Métodos Ordinais Multicritério na Análise do Campeonato Mundial de Fórmula 1. X SPOLM - Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha. *Anais do X SPOLM - Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*, Rio de Janeiro.
- Gomes Júnior, S. F. e Soares de Mello, J. C. C. B.,** (2007b). Avaliação dos pilotos no campeonato mundial de Fórmula 1 no ano de 2006 utilizando modelo DEA com restrições cone rático não arquimedianas. *XXXIX SBPO-Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Fortaleza.
- Gomes Júnior, S. F., Lacerda, F. G., Chaves, M. C. C., Soares de Mello, J. C. C. B. e Pereira, E. R.** (2011) Avaliação do desempenho dos países nos jogos Pan-Americanos e verificação da ocorrência de Home Advantage. *Pesquisa Operacional*, no prelo.
- Greenhough, J., Birch, P.C., Chapman, S.C. e Rowlands, G.,** (2002), Football goal distributions and extremal statistics, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 316, n. 1, 615-624.
- Haigh, J.** (2009), Uses and limitations of mathematics in sport, *IMA Journal of Management*

Mathematics, vol. 20, 97–108.

Holder, R. L. e Nevill, A. (1997) Modelling performance at international tennis and golf tournaments: Is there a home advantage? *Journal of the Royal Statistical Society Series D: The Statistician*, vol. 46, n. 4, 551-559.

Kangas, A.; Laukkanen, S. e Kangas, J. (2006), Social choice theory and its applications in sustainable forest management-a review. *Forest Policy and Economics*, vol. 9, n.1, 77-92.

Kladroba, A., (2000), The Problem of Aggregation Arising in the Process of Building Rankings: Some Remarks with the Example of the Formula 1 Championship 1998 [Das Aggregationsproblem bei der Erstellung von Rankings: Einige Anmerkungen am Beispiel der Formel 1 Weltmeisterschaft 1998] *Jahrbucher fur Nationalokonomie und Statistik*, vol. 220, n. 3, 302-314.

Laukkanen, S.; Palander, T. e Kangas, J., (2004), Applying voting theory in participatory decision support for sustainable timber harvesting, *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 34, n. 7, 1511-1524.

Leskinen, P.; Kangas, A.S. e Kangas, J. (2004), Rank-based modelling of preferences in multi-criteria decision making, *European Journal of Operational Research*, v. 158, n. 3, pp.721-733.

Levin, J.; Nalebuff, B. (1995), An Introduction to Vote-Counting Schemes. *The Journal of Economics Perspectives*, vol. 9, n.1, 3-26.

Lins, M.P.E., Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B. e Soares de Mello, A.J.R. (2003), Olympic ranking based on a Zero Sum Gains DEA model, *European Journal of Operational Research*, vol.148, n. 2, 85-95.

Nemhauser, G.L. e Trick, M.A. (1998), Scheduling a Major College Basketball Conference, *Operations Research*, vol. 46, n. 1, 1-8.

Nevill, A.M. A., Balmer, N.J.B. e Mark Williams, A.B.. (2002), The influence of crowd noise and experience upon referring decisions in football, *Psychology of Sport and Exercise*, vol. 3, n. 4, 261-272.

Pollard, R. (2002), Evidence of a reduced home advantage when a team moves to a new stadium, *Journal of Sports Sciences*, vol. 20, n. 12, 969-973.

Pomerol, J-C. e Barba-Romero, S., *Multicriterion Decision in Management: Principles and Practice*, Kluwer Academic Publishers, 2000.

Preston, I. e Thomas, J. (2000), Batting strategy in limited overs cricket, *Journal of the Royal Statistical Society Series D: The Statistician*, vol. 49, n. 1, 95-106.

Rocha, R.B. e Cavalcanti Netto, M.A. (2002) A data envelopment analysis model for rank ordering suppliers in the oil industry. *Pesquisa Operacional*, vol. 22, n. 2, 123-132.

Roy, B. e Bouyssou, D. *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Ed. Economica, Paris, 1993.

Smith, W. D. Descriptions of Single-winner Voting System. Julho, 2006. Disponível em <<http://math.temple.edu/~wds/homepage/votedesc.pdf>>. Acesso em 10/01/2011.

Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Lins, M.P.E. e Soares de Mello, A.J.R., (2001), Uso da Pesquisa Operacional em esportes: o caso das Olimpíadas. *Boletim da SOBRAPO*, vol.19, 5-6.

Soares de Mello, J. C. C. B., Gomes, E. G.; Biondi Neto, L. e Angulo Meza, L. (2005a), Avaliação do tamanho de aeroportos portugueses com relações multicritério de superação, *Pesquisa Operacional*, vol. 25, n. 3, 313-330.

Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, L.F.A.M., Gomes, E.G. e Soares de Mello, M.H.C. (2005b) Use of ordinal multi-criteria methods in the analysis of the Formula 1 world championship. *Cadernos EBAPE.BR*, vol.3, n.2, 2-8.

Soares de Mello, J. C. C. B.; Gomes, E. G.; Angulo Meza, L. e Biondi Neto, L. (2008), *Cross evaluation using weight restriction in unitary input DEA models: Theoretical aspects and application to Olympic Games ranking.* WSEAS Transactions on Systems, vol.7 (1),n. 1, 31-39.

Sueyoshi, T., Ohnishi, K. e Kinase, Y. (1999) Benchmark approach for baseball evaluation (1999) *European Journal of Operational Research*, vol. 115, n. 3, 429-448.

Thomas, S. A. B., Reeves, C.A. e Davies, S.A. (2004) An analysis of home advantage in the English Football Premiership, *Perceptual and Motor Skills*, vol. 99, n. 3 II, 1212-1216.