



SPOLM 2007

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 08 e 09 novembro de 2007.

EMPREGO DE MÉTODOS ORDINAIS MULTICRITÉRIO NA ANÁLISE DO CAMPEONATO MUNDIAL DE FÓRMULA 1

Silvio Figueiredo Gomes Júnior

Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense

Rua Passo da Pátria 156, 24210-240, Niterói, RJ

silviofgj@gmail.com

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense

Rua Passo da Pátria 156, 24210-240, Niterói, RJ

jcsmello@producao.uff.br

Resumo

As atividades esportivas usam, nos regulamentos dos seus campeonatos, diversos métodos multicritério (e multidecisor) onde, muitas vezes, os organizadores não sabem que os estão usando, e nem o fazem corretamente. Variações do método de Borda, votação de Borda e métodos Lexicográficos estão entre os mais usados. No caso do campeonato mundial de Fórmula 1 é usada uma variação do método de Borda, conjugado com o método Lexicográfico. Este artigo mostra que alguns dos problemas ocorridos nas últimas temporadas são uma decorrência desse método e da exacerbação das suas distorções. Sugere-se ainda o uso do método de Condorcet como alternativa, sendo mostradas as suas limitações e como contorná-las com o emprego do método de Copeland. É feita uma análise com os resultados do campeonato de 2006.

Palavras-chave: Método de Borda – Método de Condorcet – Método de Copeland

Abstract

Sporting activities apply several mult-criteria (and mult-decision maker) methods in their championship regulations. Very often, the organizers are not aware that they are using them and indeed often apply them incorrectly. Variations of the Borda voting and Lexicographic methods are between the most worn-out. In case of the world-wide championship of Formula 1 a variation of the Borda method conjugated with the Lexicographic method are used. This article shows that some of the problems that occurred during recent seasons are a result of the use of this method with consequent aggravation of the inherent distortions. Furthermore, the use of the Condorcet method is suggested as an alternative. Its limitations are shown, as well as how to overcome them by employing the Copeland method. Lastly, an analysis of the results of the 2006 championship is conducted.

Keywords: Borda Method – Condorcet Method – Copeland Method

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, encontra-se grande aplicabilidade da Pesquisa Operacional (PO) em esportes, buscando estabelecer classificações mais justas para os mais diversos tipos de

campeonatos, organizar tabelas, interpretar resultados, fazer previsões, etc.

No futebol, diversas aplicações podem ser encontradas. Dixon e Coles (1997) utilizam a PO para estabelecer comparações entre equipes inglesas de futebol entre 1992 e 1995. Dixon e Robinson (1998) descrevem a importância do futebol para a Inglaterra e criam um modelo para analisar resultados de jogos e estabelecer critérios para apostas no mercado. Koning (2000) compara os resultados dos jogos do futebol holandês desde a década de 70. Held e Vollnhals (2005) utilizam PO para estabelecer comparações entre equipes participantes nos maiores campeonatos de futebol da Europa e propõe uma nova forma de estabelecer pesos para determinar o número de equipes participantes de uma das ligas européias estudadas.

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 do seu estádio antigo para um estádio novo. Holder e Nevill (1997) comparam o desempenho dos jogadores de tênis quando disputam partidas dentro e fora do seu país.

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

Um campeonato esportivo é um conjunto de vários jogos, ou provas, cujos resultados são agregados para estabelecer o resultado final da competição, conforme descreve Gomes Júnior et al (2006). 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 de multicritério, normalmente ordinal.

2. MÉTODOS MULTIDECISOR

O Apoio Multicritério à Decisão surgiu formalmente como ramo da Pesquisa Operacional na década de 1970. No entanto, alguns métodos elementares já existiam desde a revolução francesa. Consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar a tomada de decisões, quando da presença de uma multiplicidade de critérios. Este processo pode ser decomposto em etapas (GOMES et al., 2004), como ilustra a figura 1:

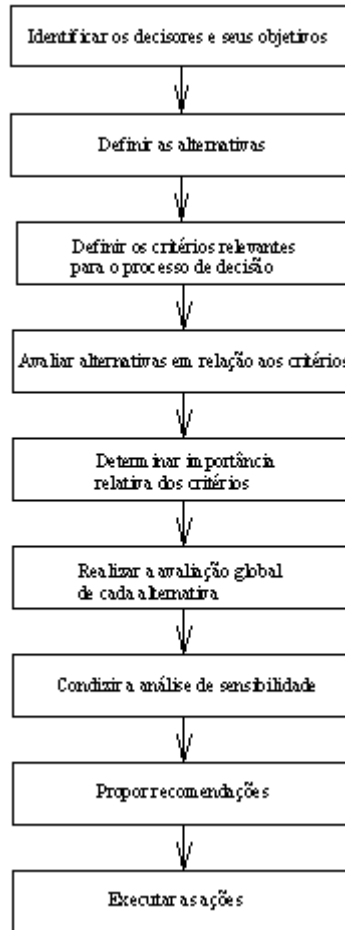


Figura 1 – Etapas de um processo multicritério.

As etapas 1, 2 e 3 constituem a Fase de Estruturação, que trata da formulação do problema e busca identificar, caracterizar e organizar os fatores considerados relevantes no processo de apoio à decisão. É uma fase interativa e dinâmica, pois fornece uma linguagem comum aos decisores, o que possibilita a aprendizagem e o debate. As etapas 4, 5, 6 e 7 compõem a Fase de Avaliação, que tem como objetivo a aplicação de métodos de análise multicritério para apoiar a modelagem das preferências e a sua agregação. A terceira fase, composta das etapas 8 e 9, é a Fase de Recomendação dos cursos de ação a serem seguidos.

Deve-se ainda atentar que uma família de critérios, ou seja, o conjunto de critérios usados em uma determinada situação de decisão, deve satisfazer três condições (“axiomas de Roy”) para ser uma família coerente de critérios (Roy & Bouyssou, 1993). Esses axiomas, em linguagem não matemática, são: Exaustividade (impõe a necessidade de descrever o problema levando em conta todos os aspectos relevantes); Coesão (obriga à correta análise de quais são os critérios de maximização e quais os de minimização); Não Redundância (obriga a excluir critérios que avaliem características já consideradas por outro critério).

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. Dele não são necessárias mais do que as pré-ordens relativas a cada critério (Barba-Romero & Pomerol, 1997). 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, renda obtida.

Para a escolha de qual método ordinal é importante conhecer as suas características. Arrow (1951) descreveu um conjunto de características que um método “perfeito” deveria ter, tendo demonstrado, em seguida, a impossibilidade da existência de tal método. Assim, deve-se escolher o método que mais se adapte à situação analisada.

Na literatura, os três métodos multicritério ordinais mais referenciados são os de Borda, Condorcet e Copeland, podendo aparecer variantes mais elaboradas dos métodos básicos. 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 extrair mais informação do que se deve de resultados que combinam informações ordinal e cardinal. A seguir destacam-se as particularidades de cada método.

O método de Borda, considerado precursor da escola americana de multicritério, 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) e também podem ser aplicados como auxílio na avaliação de fornecedores de uma empresa petrolífera (Rocha e Cavalcanti Netto, 2002). No entanto, apesar de sua simplicidade e amplo uso de suas variações, o método de Borda não respeita um dos mais importantes axiomas de Arrow, o da independência em relação às alternativas irrelevantes. Ou seja, a posição final de duas alternativas não é independente em relação às suas classificações em relação a alternativas irrelevantes. Tal fato pode gerar distorções, com destaque para a extrema dependência dos resultados em referência ao conjunto de avaliação escolhido e a possibilidade de manipulações pouco honestas.

Segundo Arrow (1951), citado por Barba-Romero e Pomerol (1997), não existe escolha justa, ou seja, não existe método multicritério, ou multidecisor “perfeito”. Considera-se como justo um método de escolha multidecisor que obedeça aos axiomas de universalidade, da unanimidade, da independência em relação às alternativas irrelevantes, da transitividade e da totalidade. O teorema de Arrow garante que, com exceção de métodos de ditador, nenhum método de escolha atende simultaneamente a esses axiomas.

São de especial interesse neste estudo os axiomas 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.

Já o método de Condorcet, considerado precursor da atual escola francesa de multicritério, trabalha com relações de superação. As alternativas são comparadas sempre duas a duas e constrói-se um grafo (Boaventura Neto, 2003) que expressa a relação entre elas. Este método, menos simples, tem a vantagem de impedir distorções ao fazer com que a posição relativa de duas alternativas independa de suas posições relativas a qualquer outra. No entanto, pode conduzir ao chamado paradoxo de Condorcet, ou situação de intransitividade. Isso acontece quando a alternativa A supera a alternativa B, que supera a C, que por sua vez supera a alternativa A. Esta situação pode ser aproveitada em certos problemas, quando o objetivo é agrupar alternativas (Soares de Mello et al., 2005a). No entanto, quando ocorre, impossibilita gerar uma ordenação das alternativas. Quando os ciclos de intransitividade não aparecem, e deseja-se obter uma pré-ordem total, o método de Condorcet deve ser preferido ao de Borda (Soares de Mello et al., 2004). 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 por Climaco (2003).

Outro método elementar usado em esportes é o Lexicográfico, principalmente 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 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 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 Borda, quando há necessidade de estabelecer uma relação de pré-ordem, ou ordem *latus sensu*, este método fornece sempre uma resposta (ao contrário do método de Condorcet) e, apesar de não eliminar, reduz bastante a influência de alternativas irrelevantes.

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.

Este artigo é uma evolução do trabalho apresentado por Soares de Mello *et al* (2005b). Atualizando os dados, considerando o campeonato de 2006 mostrando que o regulamento do campeonato mundial de Fórmula 1 segue uma variante do método de Borda, conjugada com o método Lexicográfico. Serão explicitadas as desvantagens do método, como elas poderiam ser reduzidas e quais as conseqüências do eventual uso do método de Condorcet em substituição ao de Borda. O campeonato de 2006 é analisado com o método de Condorcet, e mostra-se que surge um grande ciclo de intransitividade. Para contornar esse ciclo será apresentado e aplicado o método de Copeland.

3. OS MÉTODO DE BORDA E CONDORCET

Para o uso do método de Borda cada decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências. À alternativa mais preferida é atribuído um ponto, à segunda dois pontos e assim sucessivamente. Ao final, os pontos atribuídos pelos decisores a 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 freqüência, 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. Refira-se que um dos poucos exemplos de utilização do método de Borda original é 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.

No método de Condorcet também se exige que cada decisor ordene todas as alternativas de acordo com suas preferências. Mas, em vez 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 dos que preferiram v a u . Estes resultados são análogos aos que se obteriam com o método ELECTRE I (Roy & 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. Quanto 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 2). Isto significa que o método de Condorcet nem sempre induz uma pré-ordem no conjunto das alternativas. No entanto, existem situações 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.

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 final completo.

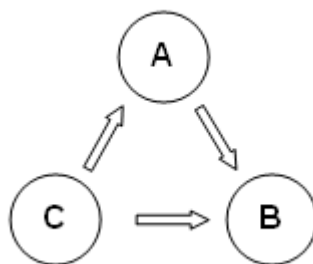


Figura 2 – Tripleta de Condorcet.

4. O CAMPEONATO MUNDIAL DE FÓRMULA 1

O regulamento do campeonato mundial Fórmula 1 determina que o campeão da temporada é o piloto que soma maior número de pontos ao final de todas as corridas da temporada. Os outros pilotos tinham a classificação no campeonato determinada pelo total de pontos alcançados. A partir de 2003, em cada corrida, apenas os oito primeiros colocados somavam pontos, sendo a pontuação de cada colocado apresentada na Tabela 1. No campeonato de 2006, disputou-se um total de 18 corridas, com 20 pilotos participando de cada prova, com 10 equipes participantes.

Tabela 1 – Pontuação da Fórmula 1 a partir de 2003.

Classificação	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
Pontuação	10	08	06	05	04	03	02	01

Este regulamento é, 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 não pontuaria, o que seria uma situação melhor que ser o primeiro colocado. É, portanto, uma alteração que permite melhorar a operacionalização do método, sem trazer nenhuma consequência nefasta.

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 entre o primeiro e segundo colocados e entre o segundo e o terceiro colocados é maior que entre o terceiro e o quarto (respectivamente 2 e 1 pontos). Daí até o nono lugar a diferença é de apenas 1 ponto e para as colocações piores que a nona não há diferença nenhuma, já que nenhum concorrente marca pontos. A intenção é valorizar a vitória e não dar atenção às disputas pelos últimos lugares.

Esta diferença, 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 e que, na época, devido ao sistema de pontuação utilizado, rendeu à Senna 3 pontos a mais que 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 sexta. 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 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 numa corrida em que haja um número muito grande de desistências. Já um piloto mediano, com colocações entre 7º e 10º, 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 foi amplamente noticiada em 2002 quando, no grande prêmio da Áustria, Rubens Barrichello cedeu o primeiro lugar a Michael Schumacher perto da linha de chegada. Essa manobra foi uma decorrência do regulamento: sem que a posição de Schumacher em relação ao seu principal rival (Juan Pablo Montoya) se modificasse, a sua vantagem no campeonato aumentou bastante, graças à presença de Barrichello (que aqui era a alternativa irrelevante) entre os dois. Como curiosidade, refira-se que no final do campeonato, quando a disputa era pelo vice-campeonato, foi usada, diversas vezes, a estratégia inversa. É evidente que, mesmo que fosse usado o método de Borda original, a inversão traria benefícios à equipe Ferrari. Mas, sendo menor a diferença de pontos, também o benefício seria menor.

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 um piloto ser desclassificado, mas os que estavam em colocações posteriores não terem a sua situação alterada. Ou, uma situação ainda mais extrema, como a que ocorreu em 1997. Nesse ano, após a última corrida, Michael Scumacher foi punido por reincidência de atitude não esportiva, pela forma como tentou impedir uma ultrapassagem de Jacques Velleneuve, 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 obtida com o método de Borda modificado. Havendo duas alternativas ou mais com o mesmo número de pontos somados ao final do campeonato, é considerado o maior número de vitórias de cada piloto para que haja o desempate. Permanecendo as alternativas

empatadas, o segundo critério é o maior número de corridas em que cada piloto terminou uma corrida em segundo lugar 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.

5. ANÁLISE DO CAMPEONATO DE 2006

O campeonato de 2006 caracterizou-se pela disputa entre as equipes Renault e Ferrari, com os seus respectivos pilotos Fernando Alonso e Michael Schumacher disputando o título mundial. Devido a essa regularidade de resultados presta-se facilmente à análise por métodos ordinais. Essa classificação encerra as distorções já explanadas, oriunda da forma como os métodos ordinais foram usados

Para obter uma classificação sem essas distorções, usa-se o método de Condorcet. A Tabela 2 mostra a matriz de adjacência obtida para o grafo de Condorcet relativo ao campeonato de Fórmula 1 de 2006. O número 1 significa que o piloto indicado na linha obteve mais vezes uma classificação melhor que o piloto indicado na coluna. Para efeitos da construção dessa matriz considera-se que entre dois pilotos que abandonaram aquele que completou mais voltas ficou melhor classificado. Ainda, um piloto que abandonou 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.

Os classificações finais de todas as corridas foram obtidas no site <http://www.f1.com>.

Para extrair uma ordenação da matriz começa-se por fazer uma destilação descendente (Dias et al., 1996). Para tal observa-se se há algum piloto que supera todos os outros, ou seja, se existe alguma linha cujo único zero seja na diagonal principal. Retira-se esse piloto e repete-se o procedimento. Com essa destilação é possível fazer a ordenação de 7 pilotos, a saber Fernando Alonso, Michael Schumacher, Felipe Massa, Giancarlo Fisichella, Jenson Button, Kimi Raikkonen e Juan Pablo Montoya. Repare-se que nessa ordenação os pilotos nas 6 primeiras colocações são os mesmos da classificação oficial, com uma inversão entre as quinta e sexta colocações.

Para posições abaixo de Juan Pablo Montoya, a destilação não pode continuar, já que entre os pilotos restantes não há nenhum que seja dominante. Faz-se então o procedimento inverso, uma destilação ascendente. Os últimos colocados são então, partindo do pior, Franck Montagny, Yuji Ide, Sakon Yamamoto, Robert Doornbos, Takuma Sato, Christijan Albers, Tiago Monteiro, Scott Speed, Vitantonio Luizzi, Christian Klien, Nico Rosberg, Jacques Villeneuve, Mark Webber e Jarno Trulli. A partir deste ponto a destilação não pode continuar, já que não há nenhum piloto dominado. Destes pilotos, Vitantonio Luizzi, Christian Klien, Nico Rosberg, Jacques Villeneuve, Mark Webber e Jarno Trulli obtiveram pontos na classificação oficial, ficando, portanto, entre os 19 primeiros. Foram grandes beneficiários das distorções do método de Borda, agravadas pelas mudanças na sua aplicação.

Após a retirada dos pilotos ordenados pelas duas destilações, sobram ainda 6 pilotos. Entre eles deve haver ciclos de intransitividade. Resta verificar se existem vários ciclos, com algum deles dominando os outros. Uma análise das relações entre os pilotos restantes mostra um grafo fortemente conexo (Boaventura Netto, 2003), ou seja, um grafo onde, qualquer que seja o par de pilotos, existe um caminho (formado por um ou mais arcos) ligando os vértices representativos dos dois pilotos. Os pilotos restantes formam, assim, um grande ciclo de intransitividade, não sendo possível estabelecer uma ordenação com o método de Condorcet.

Tabela 2 – Matriz de adjacência do grafo de Condorcet para o campeonato de 2006.

	Fernando Alonso	Michael Schumacher	Felipe Massa	Giancarlo Fisichella	Kimi Räikkönen	Jenson Button	Rubens Barrichello	Juan Pablo Montoya	Nick Heidfeld	Ralf Schumacher	Pedro de La Rosa	Jarno Trulli	David Coulthard	Mark Webber	Jacques Villeneuve	Robert Kubica	Nico Rosberg	Christian Klien	Vitantonio Liuzzi	Christijan Albers	Franck Montagny	Robert Doornbos	Sakon Yamamoto	Scott Speed	Takuma Sato	Tiago Monteiro	Yuji Ide
Fernando Alonso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Michael Schumacher		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Felipe Massa			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Giancarlo Fisichella				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Kimi Räikkönen					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Jenson Button					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Rubens Barrichello						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Juan Pablo Montoya							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Nick Heidfeld								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ralf Schumacher									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pedro de La Rosa										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Jarno Trulli											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
David Coulthard												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mark Webber														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Jacques Villeneuve															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Robert Kubica							1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Nico Rosberg																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Christian Klien																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Vitantonio Liuzzi																		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Christijan Albers																			1	1	1	1	1	1	1	1	
Franck Montagny																				1	1	1	1	1	1	1	
Robert Doornbos																					1	1	1	1	1	1	
Sakon Yamamoto																						1	1	1	1	1	
Scott Speed																							1	1	1	1	
Takuma Sato																								1	1	1	
Tiago Monteiro																									1	1	
Yuji Ide																										1	

A Figura 3 mostra parcialmente a representação topológica de um grafo de intransitividade, na qual, para efeitos de clareza, são mostrados apenas 6 arcos, suficientes para visualizar um ciclo de intransitividade maximal.

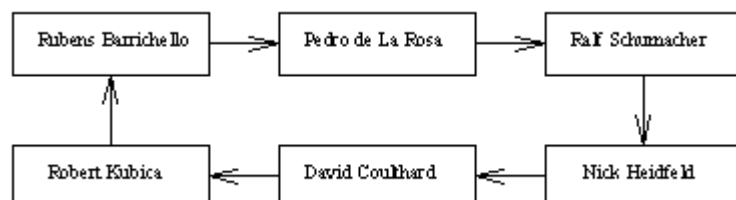


Figura 3 – Representação de um ciclo de intransitividade maximal.

Para ordenar esses 6 pilotos, e assim obter uma classificação final do campeonato, é necessário o uso de outro método. Em alguns casos é possível usar relaxações das condições de Condorcet (Rodríguez e Pérez, 2003). No entanto, a escolha da maioria qualificada para rejeição introduz um elemento de subjetividade indesejado. Uma alternativa é usar o método de Copeland (Barba-Romero e Pomerol, 1997). Esse método consiste em contar em relação a quantas alternativas cada uma é preferível, ou seja, somar os elementos de cada linha da matriz de adjacência. As alternativas são então ordenadas pelo resultado dessa soma. O método de Copeland alia a vantagem de fornecer uma ordenação total, 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 classificação das alternativas (pilotos) que não pertencem a nenhum ciclo de intransitividade.

Utilizando a tabela 2 e fazendo, em relação a cada nó, a soma dos números “1” das linhas subtraindo-se a soma dos números “1” das colunas, obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 3: Soma dos pontos da matriz de Condorcet

PILOTO	$\sum L$	$\sum C$	$(\sum L) - (\sum C)$
--------	----------	----------	-----------------------

Fernando Alonso	26	0	26
Michael Schumacher	25	1	24
Felipe Massa	24	2	22
Giancarlo Fisichella	23	3	20
Kimi Räikkönen	21	5	16
Jenson Button	22	4	18
Rubens Barrichello	15	11	4
Juan Pablo Montoya	20	6	14
Nick Heidfeld	17	9	8
Ralf Schumacher	18	8	10
Pedro de La Rosa	18	8	10
Jarno Trulli	13	13	0
David Coulthard	16	10	6
Mark Webber	12	14	-2
Jacques Villeneuve	11	15	-4
Robert Kubica	15	11	4
Nico Rosberg	10	16	-6
Christian Klien	9	17	-8
Vitantonio Liuzzi	8	18	-10
Christijan Albers	5	21	-16
Franck Montagny	0	26	-26
Robert Doornbos	3	23	-20
Sakon Yamamoto	2	24	-22
Scott Speed	7	19	-12
Takuma Sato	4	22	-18
Tiago Monteiro	6	20	-14
Yuji Ide	1	25	-24

A classificação obtida pelo método de Copeland, comparada com a classificação oficial, é apresentada na Tabela 4. Nessa tabela não foram considerados os critérios de desempate.

Tabela 4 – Resultados finais de 2006 (oficial e Copeland).

Classificação de Copeland	Piloto	Pontos de Copeland	Classificação Oficial
1	Fernando Alonso	26	1
2	Michael Schumacher	25	2
3	Felipe Massa	24	3
4	Giancarlo Fisichella	23	4
5	Jenson Button	22	6
6	Kimi Räikkönen	21	5
7	Juan Pablo Montoya	20	8
8	Ralf Schumacher	18	10
9	Pedro de La Rosa	18	11
10	Nick Heidfeld	17	9
11	David Coulthard	16	13
12	Rubens Barrichello	15	7
13	Robert Kubica	15	16
14	Jarno Trulli	13	12
15	Mark Webber	12	14
16	Jacques Villeneuve	11	15
17	Nico Rosberg	10	17

18	Christian Klien	9	18
19	Vitantonio Liuzzi	8	19
20	Scott Speed	7	-
21	Tiago Monteiro	6	-
22	Christijan Albers	5	-
23	Takuma Sato	4	-
24	Robert Doornbos	3	-
25	Sakon Yamamoto	2	-
26	Yuji Ide	1	-
27	Franck Montagny	0	-

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 usada, mas nem sempre fornece uma ordenação completa, devido à existência dos ciclos de intransitividade. Além disso, é um método extremamente técnico para ser entendido pelo público.

Usando os resultados do campeonato de 2006 mostrou-se que é possível contornar o ciclo de intransitividade com o uso do método de Copeland. Esse método fornece o mesmo resultado do de Condorcet na ausência de intransitividades e é mais fácil de ser explicado ao público. Quando surgem ciclos intransitivos, a solução que ele fornece é menos sensível às alternativas irrelevantes que o método de Borda.

A comparação do resultado oficial e o obtido pelo método de Copeland mostra 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 8 entre mais de 20 concorrentes. As maiores diferenças de classificação ocorreram com os pilotos Rubens Barrichello e Robert Kubica. O primeiro obteve várias colocações muito baixas com algumas poucas boas. Como a classificação oficial não faz distinção entre qualquer posição depois da 6ª, Rubens Barrichello acabou obtendo oficialmente uma pontuação razoável. Como o método de Copeland leva em conta todos os resultados, essa abordagem piora a situação final do piloto.

Com Robert Kubica ocorreu o oposto: obteve algumas classificações perto da 8ª, que não pontuam, e uma classificação em 3º lugar, além de ter completado 5 das 6 provas que disputou. Essa regularidade foi penalizada na classificação oficial e reconhecida no método de Copeland.

Estes resultados comprovam a afirmação realizada por Soares de Mello et al. (2005b) em que são diminuídas as distorções provocadas pelos critérios adotados anteriormente, onde apenas os 6 primeiros colocados pontuavam em cada prova e a diferença de pontuação do 1º para o 2º colocados era maior.

Mais do que a inócua proibição de “jogo de equipe”, esta mudança realizada à partir de 2003 pela FIA, embora ainda não seja a ideal, deve dar uma contribuição para afastar atitudes não desportivas.

REFERÊNCIAS

- [1] Arrow, K.J. *Social Choice and Individual Values*. Wiley, New York, EUA, 1951
- [2] Barba-Romero, S. & Pomerol, J.C. *Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos e Utilización Práctica*. Colección de Economía, Universidad de Alcalá, Espanha, 1997.
- [3] Boaventura Netto, P.O. *Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos*. Edgard Blücher, São Paulo,

- Editora Edgard Blücher, 2003.
- [4] Clímaco, J. C. N. A critical reflection on optimal decision. *European Journal of Operational Research* Vol. 153, p.506-516, 2003.
 - [5] Dias, L.M.C., Almeida, L.M.A.T. & Clímaco, J.C.N. *Apoio Multicritério à Decisão*. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 1996.
 - [6] Dixon, M. J.; Coles, S. G. Modelling association football scores and inefficiencies in the football betting market. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C: Applied Statistics*, 46 (2), pp. 265-280, 1997.
 - [7] Dixon, M. J. B; Robinson, M. E. A. A birth process model for association football matches. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D: The Statistician*, 47 (3), pp. 523-538, 1998.
 - [8] Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B. & Lins, M.P.E. Uso de Análise de Envoltória de Dados e Auxílio Multicritério à Decisão na análise de dados das Olimpíadas 2000. *Anais do XXI ENEGEP*, Salvador, Brasil, 2001
 - [9] Gomes, L.F.A.M.; Gonzales-Araya, M.C. & Carignano, C. Tomada de decisões em cenários complexos. Pioneira Thompson Learning, Rio de Janeiro, 2004.
 - [10] Gomes Júnior, S. F., Soares de Mello, J. C. C. B., Soares de Mello, M. H. C. Modelo DEA com restrições cone ratio não arquimedianas aplicado na avaliação de pilotos no campeonato mundial de Fórmula 1. *Anais do IX SPOLM*, Rio de Janeiro, 2006.
 - [11] Held, L.; Vollnhals, R. Dynamic rating of European football teams. *IMA - Journal of Management Mathematics*. Vol. 16, pp.121-130, 2005.
 - [12] Holder, R. L.; Nevill, A. M. Modelling performance at international tennis and golf tournaments: Is there a home advantage? *Journal of the Royal Statistical Society Series D: The Statistician*, 46 (4), pp. 551-559, 1997.
 - [13] Kangas, A.; Laukkanen, S., Kangas, J. Social choice theory and its applications in sustainable forest management-a review. *Forest Policy and Economics* Vol. 9, n.1, p.77-92, 2006.
 - [14] Kladroba, A. 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 Nationalökonomie und Statistik*, 220 (3), pp. 302-314, 2000.
 - [15] Koning, R. H. Balance in competition in Dutch soccer. *Journal of the Royal Statistical Society Series D: The Statistician*, 49 (3), pp. 419-431, 2000.
 - [16] Laukkanen, S.; Palander, T., Kangas, J. Applying voting theory in participatory decision support for sustainable timber harvesting. *Canadian Journal of Forest Research* Vol. 34, n. 7, p.1511-1524, 2004
 - [17] Leskinen, P.; Kangas, A.S., Kangas, J. Rank-based modelling of preferences in multi-criteria decision making. *European Journal of Operational Research* Vol. 158, n. 3, p.721-733, 2004.
 - [18] Lins, M.P.E., Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B.& Soares de Mello, A.J.R. Olympic ranking based on a Zero Sum Gains DEA model. *European Journal of Operational Research*, 148 (2), 85-95, 2003.
 - [19] Pollard, R. Evidence of a reduced home advantage when a team moves to a new stadium. *Journal of Sports Sciences*, 20 (12), pp. 969-973, 2002.
 - [20] Rocha, R.B. & Cavalcanti Netto, M.A. A data envelopment analysis model for rank ordering suppliers in the oil industry. *Pesquisa Operacional*, 22 (2), 123-132, 2002.
 - [21] Rodríguez, C.M.C. & Pérez, J.A.M. Relaxation of the Condorcet and Simpson conditions in voting location. *European Journal of Operational Research*, 145 (3), 673-683, 2003.
 - [22] Roy, B. & Bouyssou, D. Aide multicritère à la décision: méthodes et cas. Ed. Economica, Paris, 1993.
 - [23] Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Lins, M.P.E. & Soares de Mello, A.J.R. Uso da Pesquisa Operacional em esportes: o caso das Olimpíadas. *Boletim da SOBRAPO*, 19, 5-6, 2001.

- [24] Soares de Mello, M.H.C.; Quintella, H.L.M.M., Soares de Mello, J.C.C.B. Avaliação do desempenho de alunos considerando classificações obtidas e opiniões dos docentes. *Investigação Operacional* Vol. 24, n. 2, p.187-196, 2004.
- [25] SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; GOMES, L.F.A.M.; BIONDI NETO, L. & ANGULO MEZA, L. Avaliação do tamanho de aeroportos portugueses com relações multicritério de superação. *Pesquisa Operacional* Vol. 25, n. 3, p.313-330, 2005a.
- [26] Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, L.F.A.M., Gomes, E.G., Soares de Mello, M.H.C. Use of ordinal multi-criteria methods in the analysis of the Formula 1 world championship. *Cadernos EBAPE.BR*, v.3, n.2, 2005b.