



SPOLM 2008

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 05 e 06 de agosto de 2008.

MÉTODO MULTICRITÉRIO ELECTRE II NA AVALIAÇÃO DE PILOTOS NO CAMPEONATO 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

Maria Cecília de Carvalho Chaves

Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, 24210-240, Niterói, RJ
mariaceci@hotmail.com

Eliane Ribeiro Pereira

Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria 156, 24210-240, Niterói, RJ
egr1@globo.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

Escolher um bom piloto é tarefa difícil, que ultrapassa a identificação de habilidade e coragem para pilotar automóveis. Pilotos que não disputam a liderança das competições costumam receber pouco destaque porque as transmissões esportivas enfatizam a luta pelas melhores posições. Assim, eles têm dificuldade de mostrar seu valor, o que diminui suas chances de se destacar em qualquer categoria, principalmente na Fórmula 1.

A busca por pilotos tem importância especial para equipes menores, incapazes de pagar altos salários. Identificar um bom piloto pode representar ganhos significativos, permitindo à equipe obter melhor desempenho no campeonato.

Este artigo propõe uma forma de avaliação desses pilotos no campeonato de F1, usando o método ELECTRE II como métodos de apoio à decisão. O objetivo é propor opções de contratação de pilotos por equipes pequenas/médias, proporcionando-lhes maior competitividade na temporada seguinte. A análise foi elaborada considerando-se os pilotos que participaram da temporada de 2007.

Palavras-chave: ELECTRE II – MULTICRITÉRIO - FÓRMULA 1

Abstract

To choose a pilot is a difficult task, that goes beyond the identification of ability and courage to drive cars. Pilots that don't fight for the first places in competitions normally gain little coverage because the sports broadcasts privilege the winners. Therefore, it's not easy for them to show their value, which decreases their chances to make a good image in any category, specially in Formula 1.

The quest for good pilots is specially important for smaller teams that are unable to pay high salaries. The hiring of a good pilot may represent significant earnings, allowing a better performance of the team in the championship.

This article proposes a methodology to evaluate these pilots on the F1 championship using the ELECTRE II decision support method. The main goal is to offer hiring options for the small/medium teams, allowing them to be more competitive in the following season. The analysis was made considering the pilots of the 2007 season.

Keywords: ELECTRE II - MULTICRITERIA - FORMULA 1

1. INTRODUÇÃO

Um problema frequentemente enfrentado pelos chefes das escuderias pequenas e médias de fórmula 1 (F1) é a identificação de um piloto para fazer parte de sua equipe na temporada seguinte, visando a obtenção de maior competitividade. Qualquer melhora adicional que possa ser obtida por estas equipes pode trazer novos patrocínios e outras vantagens econômicas relevantes para a escuderia. Um bom piloto é capaz de não apenas trazer melhores colocações para a escuderia mas também um maior desenvolvimento para os carros. Isto é particularmente crítico nas equipes pequenas e médias por apresentarem um orçamento apertado e, portanto, com menos potencial para contratar os pilotos consagrados. A consideração de mais de um ponto de vista para estabelecer o que venha a ser um “bom”piloto torna este problema multicritério.

Este artigo é uma evolução do trabalho apresentado por Gomes Júnior e Soares de Mello (2007). O propósito aqui não é mais o de estabelecer uma classificação para os pilotos no campeonato, mas o de identificar, com o apoio de uma ferramenta multicritério, pilotos que atendam às reais necessidades de equipes de F1 pequenas e médias, com capacidade de desenvolver seus carros, alavancando o desenvolvimento destas equipes.

A proposta deste trabalho é utilizar a metodologia ELECTRE II, método de apoio à decisão multicritério não compensatório, para identificar os pilotos a serem contratados pelas escuderias menores, de forma a garantir-lhes uma maior competitividade.

Atualmente, diversas aplicações da Pesquisa Operacional (PO) em esportes podem ser encontradas na literatura. Organização de tabelas de campeonatos, interpretação dos resultados, análise da vantagem de jogar em casa, realização de previsões, etc. estão entre os problemas mais estudados.

No futebol, as aplicações são inúmeras. 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 dos maiores campeonatos de futebol da Europa e propõem 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 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.

Em relação à utilização de PO para classificar as competições de Fórmula 1, Kladroba

(2000) discute critérios para estabelecimento de *rankings* e utiliza como exemplo os resultados do campeonato de 1998; já Soares de Mello et al (2005) utilizam métodos multicritérios para estabelecer a classificação dos pilotos no campeonato de 2002. Recentemente, alguns artigos têm abordado a questão do sistema de classificação utilizados nas Olimpíadas. Churilov e Flitman (2006) sugerem o uso de DEA para a obtenção de um sistema classificatório que seja considerado “justo” pela maior parte dos países participantes. Lins et al. (2003) discutem aspectos teóricos do uso do modelo DEA com Ganhos de Soma Zero para medir a performance dos países nos jogos olímpicos de verão e Soares de Mello et al. (2008) utiliza modelos DEA com input unitário e avaliação cruzada.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o item 2 artigo discute o atual sistema utilizado na F1. Em seguida, é apresentada uma breve descrição dos métodos de sobreclassificação, com ênfase na família ELECTRE. A seção 4 apresenta o estudo de caso (o campeonato de F1 de 2007) em que o ELECTRE II é aplicado. Por fim, faz-se uma análise dos resultados obtidos, assim como das principais contribuições.

2. O CAMPEONATO MUNDIAL DE FÓRMULA 1

O campeonato de Fórmula 1, originário das competições de Grande Prêmios (GPs) iniciadas antes mesmo da Segunda Guerra Mundial, foi inaugurado em 1950, na Inglaterra. Inicialmente, os GPs aconteciam apenas na Europa e o ‘status’ mundial era garantido pela inclusão do resultado das 500 milhas de Indianópolis, mesmo sendo as equipes e pilotos dessa prova totalmente distintos dos que disputavam as ocorridas na Europa, como descrito em Gomes Júnior (2006).

No início, os carros utilizados não eram totalmente padronizados, como os atuais. Com o tempo, grandes equipes foram aderindo ao campeonato, garantindo-lhe um prestígio crescente. Ao longo dos anos, as regras e as normas, principalmente as relativas à segurança – para o piloto e para o público, foram evoluindo; havendo, no entanto, a preocupação com a permanência de elementos fundamentais para os amantes do esporte: velocidade, emoção, competição.

As principais e mais profundas mudanças da F1 ocorreram na década de 60. Iniciou-se um processo de profunda reformulação dos carros, que passaram a ter motor traseiro, monocoque e uma aerodinâmica arrojada; os pneus passaram a ser mais largos, para logo depois, em 1970, surgirem os primeiros pneus slick - pneus sem frisos, que garantem maior aderência dos carros à pista, aumentando sua velocidade, Jenkins e Floyd (2001). Outra importante mudança foi decisiva para a divulgação e crescimento do esporte: a equipe Lotus iniciou um processo de parceria com uma grande empresa de outro segmento (tabaco) e seu carro ganhou novas cores, inaugurando uma fase comercial para o esporte, com a entrada dos patrocinadores na categoria. Até 1968, as equipes de F1 eram mantidas com a ajuda das empresas de petróleo e de fabricantes de pneus, o que minimizava as relações comerciais dos dias atuais, quando o esporte envolve quantias extremamente elevadas e interesses que ultrapassam as fronteiras de uma simples competição esportiva.

Na década de 70 foram modificadas as vantagens comerciais dos donos dos circuitos, o que garantiu maior autonomia para a FIA – Federação Internacional de Automobilismo, inclusive com relação às negociações dos direitos de transmissão de TV, o que passou a atrair patrocínios cada vez mais elevados.

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. Até 2003, os demais pilotos tinham a classificação no campeonato determinada pelo total de pontos alcançados. A partir deste ano, em cada corrida, apenas os oito primeiros colocados passaram a somar pontos, sendo a pontuação de cada colocado apresentada na Tabela 1.

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 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 que com o uso do método original marcariam menos.

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.

A classificação de um piloto e de sua equipe no final de uma temporada, determinada por estes métodos, é fator fundamental para a distribuição de verba para a temporada seguinte. Por isso, o desenvolvimento de carros, chassis, enfim, a busca de melhorias capazes de trazer alguma vantagem competitiva para as equipes são responsáveis por grande parte das preocupações dos chefes de equipe. Todavia, existe um elemento tão importante quanto à garantia de um bom carro, que não pode ser desprezado: um bom piloto.

A escolha de um bom piloto de F1 é tarefa difícil, que vai além da identificação de habilidade e coragem para dirigir carros tão velozes. Elementos como um bom preparo físico e psicológico, inteligência, determinação, dedicação, conhecimento de motores, além de grande paixão por velocidade e competições automobilísticas precisam fazer parte do perfil de um grande piloto.

É impossível não considerar os aspectos econômicos envolvidos nessa decisão. A contratação de um piloto no auge de sua carreira é impensável para uma escuderia menor, incapaz de pagar altos salários. Assim, para uma equipe pequena/média é importante buscar pilotos que não estejam no topo de sua carreira, ou seja, pilotos em início de carreira ou que já estejam próximos do seu término, pois, por não estarem em evidência na categoria, não possuem salários elevados. Entre os primeiros ela pode encontrar um grande talento, que a ajude, num tempo relativamente curto, a ganhar espaço num mundo altamente competitivo. Por sua vez, os pilotos com maior tempo de carreira têm, a seu favor, maior experiência, maior facilidade para ajustar os carros e um profundo conhecimento de todos os elementos envolvidos na competição.

Por estes motivos, é preciso que se identifique entre os competidores, um piloto cujo talento não seja reconhecido pelas equipes concorrentes - seja porque o piloto não tenha tido a oportunidade de dirigir um carro mais competitivo; porque ainda não tenha se adaptado totalmente à F1; ou porque, sendo muito jovem, ainda não tenha obtido a maturidade necessária a um piloto dessa categoria; ou mesmo porque ao longo de sua trajetória na F1, não tenha conseguido manter resultados que atendessem às expectativas das grandes equipes.

Assim, a busca por novos pilotos é uma disputa à parte entre as equipes. Identificar um bom piloto a ser contratado pode representar ganhos significativos, pois possibilita o desenvolvimento de seus carros e permite que a equipe realize os ajustes necessários para obter melhores resultados no campeonato e os benefícios correlatos.

Escuderias de pequeno/médio porte vivem uma realidade econômica pouco abastada e a obtenção de resultados positivos numa temporada podem representar uma perspectiva real de crescimento a curto prazo. Assim, este trabalho propõe o uso de métodos de apoio à decisão multicritério não compensatórios para auxiliar os chefes dessas equipes a identificar, dentre os pilotos do campeonato de 2007, aqueles que, apesar de não serem muito valorizados pelos critérios adotados no campeonato, poderiam ser considerados para integrar a escuderia na temporada seguinte, proporcionando-lhe maior competitividade.

A realização deste estudo considerou a importância, para escuderias menores, de contratar um bom piloto num curto espaço de tempo, permitindo-lhe a conquista de benefícios capazes de alavancar seu crescimento. Assim, foram considerados para análise apenas os pilotos que participaram da temporada de 2007 da Fórmula 1, que têm a vantagem competitiva de já estarem adaptados a esta categoria.

O uso de ferramentas multicritério pode permitir aos decisores (chefes de equipe) a escolha de pilotos que se enquadrem neste perfil. 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. Alguns métodos buscam reproduzir a lógica compensatória e, para tal, fazem uso do modelo aditivo. Uma função de valor aditiva v é a soma de funções unidimensionais, representando preferências sobre cada critério tomado separadamente. Para o uso de funções aditivas é condição necessária a existência de independência preferencial entre critérios. Em um primeiro momento, os métodos compensatórios parecem representar bem a estrutura utilizada nas competições desportivas.

Conforme Almeida et al (2003), a noção intuitiva de compensação sugere uma quantidade que contrabalance a desvantagem de um critério em relação a uma vantagem em outro. Os métodos não compensatórios requerem uma informação intercritério correspondente à importância relativa entre os critérios. Desta forma, evitam o favorecimento de ações que possuem um excelente desempenho em um critério, mas que sejam fracas nos demais.

3. MÉTODOS DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO NÃO COMPENSATÓRIOS

A existência de mais de um ponto de vista a ser considerado para a comparação entre um grupo de alternativas, ou, como é o caso deste estudo, a determinação da superioridade de uma sobre a outra pode ser uma tarefa bastante complexa, que conduz à necessidade do uso de ferramentas capazes de resolver este tipo de questão.

Na análise multicritério são considerados diversos pontos de vista para avaliar o desempenho de cada alternativa com relação a cada um dos objetivos estabelecidos. De um modo geral, para que o objetivo final possa ser alcançado, é preciso que um fator relevante para a diferenciação das alternativas seja considerado, o que muitas vezes pode elevar o número de critérios a serem utilizados. Deve-se destacar que o valor do resultado final é sempre dependente dos critérios considerados e da metodologia escolhida, que, por sua vez, são sempre função do agente de decisão (AD), tornando a análise subjetiva.

O método de Borda (maiores detalhes em Barba-Romero e Pomerol (1997)), considerado precursor dos métodos de agregação em uma única função síntese (função de utilidade multi-atributo), efetua uma soma de pontos, tendo, assim, a grande vantagem da simplicidade e, por isso, algumas de suas variantes são usadas em competições desportivas (Soares de Mello et al. (2005a); Kladroba (2000)). 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 depende de suas classificações com 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.

O método de Condorcet (Barba-Romero e Pomerol (1997)), considerado precursor dos métodos seletivos (ou de sobreclassificação), trabalha com relações de superação. As alternativas são comparadas sempre duas a duas e constrói-se um grafo 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 que seja gerada uma ordenação das alternativas.

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

Gomes Júnior e Soares de Mello (2007) buscaram estabelecer uma classificação para os pilotos no campeonato. O foco deste trabalho, que é um prolongamento, é identificar, com o apoio de uma ferramenta multicritério, pilotos que atendam às reais necessidades de equipes de F1 pequenas/médias.

Assim, é investigado o impacto do uso da metodologia ELECTRE II para a análise pretendida. O objetivo é avaliar os resultados obtidos pela metodologia no contexto decisório considerado e investigar se os resultados gerados fornecem uma ordenação completa satisfatória. Com tal propósito serão utilizados os dados do campeonato mundial de Fórmula 1 de 2007.

3.1 - O MÉTODO ELECTRE II

O método ELECTRE II foi desenvolvido por Roy e Bertier (1971, 1973) e é uma extensão do método ELECTRE I, ou melhor, ele necessita dos dois gráficos produzidos pelo ELECTRE I como dados de entrada, representando uma estrutura de preferência forte e outra fraca.

A idéia no ELECTRE II é escolher aqueles sistemas que são preferidos pela maioria dos critérios e que não ultrapassem um determinado nível de desconforto ou descontentamento aceito pelo decisor, para nenhum dos critérios considerados. Existem duas medidas distintas: a de concordância e a de discordância.

ELECTRE II estabelece uma ordenação completa sobre um conjunto de alternativas, inicialmente consideradas, que satisfaça:

- O teste da concordância, em que a medida da concordância está acima de um nível mínimo de aceitabilidade;
- O teste da discordância, em que a medida da discordância está abaixo de um nível máximo tolerável de discordância. As definições de concordância e discordância do ELECTRE II diferem daquelas apresentadas para o ELECTRE I, Goicoechea et al. (1982).

Para poder analisar as matrizes de concordância e discordância são definidos valores de referência “ p ” e “ q ”, pertencendo ao intervalo de variação entre 0 e 1. Esses valores indicam que a concordância desejada deverá ser superior ou igual a “ p ” e que “ q ” definirá a máxima discordância tolerável.

O procedimento de ordenação do método ELECTRE II é formado por dois estágios distintos de pré-ordenação. No primeiro estágio, define-se a classificação progressiva e, no segundo, a regressiva. As duas pré-ordenações obtidas, geralmente, são diferentes, porém próximas. Neste caso, o AD pode escolher a média entre elas, caso contrário, deve-se redefinir o problema e reaplicar o método.

Isto é, o ELECTRE II busca ordenar um conjunto de alternativas da melhor para pior, sendo desenvolvido para resolver problemas de ordenação. São utilizados os conceitos de concordância e discordância para ordenar o conjunto de alternativas. A ordenação é encontrada por meio de duas pré-ordens construídas a partir das relações de sobreclassificação forte e fraca. O método ELECTRE II é destinado a problemas que envolvem ordenação de alternativas, respectivamente.

Miranda e Almeida (2004) e Costa et al (2006) apresentam dois estudos envolvendo aplicações do ELECTRE II. Soares de Mello et al (2005b) apresentam uma aplicação do ELECTRE I na avaliação do tamanho dos aeroportos portugueses.

4. ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO NO CAMPEONATO DE 2007

O campeonato de 2007 contou com um total de 11 equipes de Fórmula 1, que disputaram 17 corridas, com 22 pilotos participando de cada prova. Como houve alteração de pilotos durante a temporada, houve um total de 25 pilotos participantes. Entretanto, como o piloto Kazuki Nakajima participou apenas de uma corrida, no Grande Prêmio do Brasil, ele não foi considerado na análise.

A opção pelo uso do método ELECTRE II justifica-se pelo fato de ser baseado em relações hierárquicas, que possibilitam a adoção de critérios de diferentes naturezas, como por exemplo, quantitativos e qualitativos, que são utilizadas neste trabalho. Além disso optou-se por uma lógica não compensatória para o AD.

A ótica da decisão a ser tomada, como já mencionado, é a de um chefe de equipe que precisa definir bons pilotos que possam ser contratados para sua escuderia, para a temporada seguinte, por terem tido bons desempenhos durante a temporada atual, mas que não sejam valorizados pelos critérios de classificação adotados na competição.

A importância do modelo proposto reside, portanto, em apoiar os gestores na escolha de uma decisão estruturada.

4.1- DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

A escolha dos critérios, como exposto a seguir, foi efetuada de acordo com os objetivos do problema e representam os interesses e a forma de estruturar as decisões do tomador de decisão. O decisor assumido é fictício, dada a dificuldade de acesso aos chefes de equipe de F1 para discussão desta proposta.

Os critérios considerados no problema estão listados a seguir:

- C1 – Desempenho:

É um critério qualitativo que busca avaliar as performances individuais de cada um dos pilotos durante as corridas, independente da equipe a qual o piloto pertence. A pontuação deste critério é a soma, para cada uma das corridas da temporada, dos pontos obtidos pelos pilotos de acordo com a tabela 2. Por exemplo, um piloto que em uma corrida larga na sétima colocação e consegue completar a prova em sexto, recebe 4 pontos.

Tabela 2: Valoração da Performance dos pilotos

Pontuação	Performance
0	<input type="checkbox"/> piloto não participou da prova
1	<input type="checkbox"/> piloto não concluiu a prova
2	<input type="checkbox"/> piloto concluiu a prova em uma posição pior do que a que tinha na largada
3	<input type="checkbox"/> piloto manteve a posição de largada
4	<input type="checkbox"/> piloto concluiu a prova em uma posição melhor do que a que tinha na largada

A tabela 3 a seguir apresenta a valoração completa do critério C1 - Desempenho. Este critério faz uso de uma escala ordinal. Como apontado no item 4, o método ELECTRE II trabalham com relações ordinais.

Tabela 3: Valoração do Critério C1 - Desempenho

Piloto	Corrida																Soma	
	Australia	Malásia	Bahrain	Spain	Mônaco	Canadá	EUA	France	British	Europe	Hungria	Turkey	Italy	Belgian	Japan	China		Brasil
Adrian Sutil	4	1	4	4	1	1	4	4	1	1	4	2	4	4	4	1	1	45
Alexander Wurz	1	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	0	52
Anthony Davidson	4	4	2	4	4	4	4	1	1	4	1	4	4	4	1	1	4	51
Christijan Albers	1	1	4	4	4	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	24
David Coulthard	1	1	1	4	4	1	1	4	4	4	4	4	1	1	4	2	4	45
Felipe Massa	4	2	3	3	3	1	3	2	4	4	4	3	1	3	2	3	4	49
Fernando Alonso	3	4	2	2	3	2	3	4	4	4	4	4	3	3	1	4	4	54
Giancarlo Fisichella	4	4	2	4	4	1	4	2	4	4	4	4	4	1	4	4	1	55
Heikki Kovalainen	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	1	64
Jarno Trulli	4	4	4	1	4	1	4	1	1	1	4	4	2	2	4	4	4	49
Jenson Button	4	4	1	4	4	1	4	4	4	1	1	4	4	1	2	4	1	48
Kimi Raikkonen	3	3	3	1	4	2	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	57
Lewis Hamilton	4	4	3	4	3	3	3	2	2	4	3	2	3	3	3	1	4	51
Mark Webber	4	3	1	1	1	2	4	4	1	1	3	1	4	3	1	2	1	37
Nick Heidfeld	2	4	4	1	4	4	1	4	4	2	2	4	3	4	2	4	3	52
Nico Rosberg	4	1	3	4	4	2	2	3	4	1	2	4	4	2	1	4	4	49
Ralf Schumacher	4	4	4	1	4	4	1	4	1	1	2	4	4	3	1	1	4	47
Robert Kubica	1	4	3	4	4	1	0	3	3	2	4	2	4	4	4	1	4	48
Rubens Barrichello	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	62
Sakon Yamamoto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	1	22
Scott Speed	1	4	1	1	4	1	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	19
Sebastian Vettel	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	4	4	1	1	4	1	21
Takuma Sato	4	4	1	4	4	4	1	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	59
Vitantonio Liuzzi	4	4	1	1	1	1	4	1	2	1	1	4	4	4	4	4	4	45

- C2 – Pontuação do piloto no campeonato:

É um critério quantitativo que utiliza os pontos conquistados pelos pilotos na temporada em análise, conforme as regras oficiais de pontuação utilizado pelo campeonato apresentada na tabela 1.

- C3 – Pontuação da equipe no campeonato:

Assim como o critério anterior, utiliza os pontos obtidos no campeonato pela equipe a qual o piloto pertence. Com este critério, busca-se compensar pilotos que pertenciam a equipes pequenas e médias, não possuindo, portanto, as mesmas condições de competitividade que os pilotos das equipes mais fortes. É também um critério quantitativo.

- C4 – Experiência:

É um critério qualitativo que foi medido pelo ponto central da experiência do piloto. É a distância do número total de provas que o piloto participou na Fórmula 1 até o final da temporada de 2007 à média do número de provas de todos os pilotos que participaram do campeonato de 2007.

Os critérios C1 - desempenho, C2 - pontuação do piloto no campeonato e C4 - experiência são de maximização. Destaque-se que, neste último, o objetivo é favorecer os pilotos com mínima ou máxima experiência, conforme mencionado no item 2. Pilotos com distâncias pequenas à média são, teoricamente, pilotos no auge da carreira.

O critério C3 - pontuação da equipe no campeonato é de minimização, pois tem o objetivo de valorizar os pilotos das equipes menores.

4.2- PESOS DOS CRITÉRIOS

Muitas vezes, estudos que envolvem análise multicritério utilizam a técnica de aplicação de questionários ou entrevistas com o propósito de melhor traduzir nos pesos de cada critério ou atributo as visões de mundo do AD. Contudo, aqui, optou-se pela não utilização deste recurso, dada a grande dificuldade de acesso aos reais tomadores de decisão considerados.

Os pesos adotados para os critérios selecionados neste trabalho foram estabelecidos pelos decisores que desempenham o papel de chefes das equipes por valoração direta, e posteriormente normalizados. Estes pesos estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Pesos dos Critérios

Critério	Descrição	Peso Atribuído	Peso Normalizado
C1	Desempenho	30	0,3
C2	Pontos dos pilotos	20	0,2
C3	Pontos das equipes	20	0,2
C4	Experiência	30	0,3

4.3- ALTERNATIVAS DO PROCESSO DECISÓRIO

Este estudo de caso considerou como alternativas os pilotos que participaram das provas do campeonato de 2007 da Fórmula 1, com exceção do piloto Kazuki Nakajima, que participou apenas do Grande Prêmio do Brasil, pela equipe Williams-Toyota.

A tabela 5 mostra a valoração das alternativas em cada um dos critérios considerados na análise para o campeonato 2007.

Tabela 5: Valoração das Alternativas por Critério

Alternativas	Critérios			
	Desempenho	Pontos Piloto	Pontos equipe	Experiência
	(C1)	(C2)	(C3)	Ponto Central (C4)
Adrian Sutil	45	1	1	72
Alexander Wurz	52	13	33	20
Anthony Davidson	51	0	4	69
Christijan Albers	24	0	1	44
David Coulthard	45	14	24	140
Felipe Massa	49	94	204	1
Fernando Alonso	54	109	218	16
Giancarlo Fisichella	55	21	51	106
Heikki Kovalainen	64	30	51	72
Jarno Trulli	49	8	13	95
Jenson Button	48	6	6	47
Kimi Raikkonen	57	110	204	33

Alternativas	Critérios			
	Desempenho	Pontos Piloto	Pontos equipe	Experiência
	(C1)	(C2)	(C3)	Ponto Central (C4)
Lewis Hamilton	51	109	218	72
Mark Webber	37	10	24	15
Nick Heidfeld	52	61	101	44
Nico Rosberg	49	20	33	54
Ralf Schumacher	47	5	13	91
Robert Kubica	48	39	101	67
Rubens Barrichello	62	0	6	164
Sakon Yamamoto	22	0	1	75
Scott Speed	19	0	8	61
Sebastian Vettel	21	5	8	81
Takuma Sato	59	4	4	2
Vitantonio Liuzzi	45	3	8	50

5. RESULTADOS

O primeiro resultado fornecido pelo ELECTRE II com os parâmetros iniciais sugeridos pelo AD não foi suficientemente discriminatórios para estabelecer uma ordenação no conjunto das alternativas. Uma análise de sensibilidade foi feita para verificar a sensibilidade da solução a variações nos parâmetros do modelo (pesos, índices de concordância e discordância). Foram consideradas variações apenas nos índices de concordância e discordância onde foi possível, assim, obter um ranking das alternativas de solução do problema, que gerou resultados bastante satisfatórios para o AD.

Uma outra análise foi realizada alterando os pesos dos critérios, de modo aumentar a importância do critério C1 – desempenho. Contudo, os resultados obtidos não forneceram nenhuma alteração em relação ao ranking anterior.

A ordenação obtida pelo ELECTRE II é mostrada na Tabela 6.

Tabela 6: Classificação ELECTRE II e Oficial

CLASSIFICAÇÃO ELECTRE II	CLASSIFICAÇÃO OFICIAL
1 - Kimi Raikkonen	1 - Kimi Raikkonen
2 - Lewis Hamilton	2 - Lewis Hamilton
3 - Heikki Kovalainen	3 - Fernando Alonso
4 - Nick Heidfeld	4 - Felipe Massa
5 - Giancarlo Fisichella	5 - Nick Heidfeld
6 - Robert Kubica	6 - Robert Kubica
7 - Rubens Barrichello	7 - Heikki Kovalainen
8 - David Coulthard	8 - Giancarlo Fisichella
9 - Nico Rosberg	9 - Nico Rosberg
10 - Jarno Trulli	10 - David Coulthard
11 - Fernando Alonso	11 - Alexander Wurz
12 - Ralf Schumacher	12 - Mark Webber
13 - Felipe Massa	13 - Jarno Trulli
14 - Anthony Davidson	14 - Sebastian Vettel
15 - Scott Speed	15 - Jenson Button
16 - Alexander Wurz	16 - Ralf Schumacher
17 - Jenson Button	17 - Takuma Sato
18 - Mark Webber	18 - Vitantonio Liuzzi
19 - Vitantonio Liuzzi	19 - Adrian Sutil
20 - Adrian Sutil	20 - Rubens Barrichello
21 - Takuma Sato	21 - Scott Speed
22 - Sebastian Vettel	22 - Anthony Davidson
23 - Christijan Albers	23 - Sakon Yamamoto
24 - Sakon Yamamoto	24 - Christian Albers

6. CONCLUSÕES

Analisando os resultados encontrados, podemos observar que existem muitas diferenças entre a classificação do ELECTRE II e a classificação final da temporada segundo os critérios oficiais de pontuação. Vale ressaltar que isto ocorre porque a ótica de avaliação utilizada é completamente diferente dos critérios de pontuação do campeonato, que pontua apenas os 8 primeiros pilotos classificados, dos 22 pilotos que participaram de cada prova da temporada de 2007. O enfoque deste trabalho é avaliar exatamente os pilotos que não possuem destaque neste sistema de avaliação. Neste contexto, o método e os critérios utilizados apresentaram resultados bastante satisfatórios.

Em relação aos dois primeiros pilotos da classificação do ELECTRE II, Kimi Raikkonen e Lewis Hamilton, apesar de serem, respectivamente, o campeão e vice-campeão da temporada de 2007, são pilotos com excelente desempenho e, no caso do piloto Lewis Hamilton, pouquíssima experiência, tendo iniciado sua carreira da F1 no início da temporada de 2007. Entretanto, são os pilotos com maior destaque ao final da temporada e, sendo assim, não satisfazem o objetivo aqui proposto, pois apresentam salários elevados.

No entanto, os pilotos nas classificações seguintes se adequam bem ao perfil estipulado neste trabalho. Sendo assim, são boas opções de contratação por equipes menores: Heikki Kovalainen, Nick Heidfeld, Robert Kubica, Giancarlo Fisichella, Rubens Barrichello e David Coulthard. Os três primeiros são pilotos com pouca experiência na categoria mas que se mostraram bastante talentosos e competitivos e os três seguintes são pilotos com bastante experiência na F1, que não disputam posições de destaque e possuem conhecimento suficiente para desenvolverem, junto com suas equipes, carros bastante competitivos. É possível observar que, como esperado, essas alternativas foram apontadas como as escolhas mais indicadas.

Em relação às últimas posições da classificação do ELECTRE II, nota-se que os pilotos Sebastian Vettel, Christijan Albers e Sakon Yamamoto são aqueles que pertenceram às menores equipes da categoria e tiveram, ainda, os piores resultados na temporada.

Deve ser observada a situação singular que o piloto Sebastian Vettel apresentou no campeonato. O piloto participou de oito corridas na temporada de 2007. Entretanto, sua primeira participação foi no Grande Prêmio dos EUA, pela equipe BMW, substituindo o piloto Robert Kubica que havia se acidentado no GP do Canadá e estava impossibilitado de participar da prova. Nesta corrida, Vettel largou em 7º e completou a prova na 8ª posição, marcando 1 ponto no campeonato. O piloto voltou ao campeonato a partir da 11ª etapa, no GP da Hungria, pela equipe Toro Rosso, correndo até o fim da temporada. Por esta equipe, o piloto conseguiu um quarto lugar no GP da China, marcando mais 5 pontos no campeonato. No entanto, o piloto não conseguiu boa colocação na classificação ELECTRE II por ter poucos pontos no critério desempenho, visto que participou de poucas provas. Além disso, neste trabalho, foi considerada apenas a sua participação pela equipe Toro Rosso.

O ELECTRE II, que é de fato indicado para a problemática de ordenação e mostrou ser realmente uma metodologia adequada ao estudo realizado. Com ele foi possível obter um ranking das alternativas de solução do problema.

Como trabalhos futuros, sugere-se uma análise mais completa, buscando-se pilotos em categorias de acesso à Fórmula 1, bem como a utilização de novos critérios que possam ser relevantes aos objetivos do trabalho. É indicado ainda o estudo de outras metodologias multicritério para estabelecer a ordenação dos pilotos de acordo com a proposta deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Almeida, A. T.; Costa, A.P. C. S. *Aplicações Multicritério de Apoio à Decisão*. Ed. Universitária da UFPE, Recife, 2003.
- [2] Arrow, K.J. *Social choice and individual values*. New York: John Wiley & Sons, 1951.

- [3] Barba-Romero, S.; Pomerol, J.C. *Decisiones Multicritério: fundamentos teóricos y utilización práctica*. Servicio de Publicaciones de la Universidade de Alcacá, Espanha, 1997.
- [4] Costa, H. G.; Costa, J. A. B.; Caiado, J. R. C. Avaliação de Equinos “Mangalarga Marchador”: Uma Análise Multicritério pelo Método Electre II. *Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção* 5, pp. 1-17, 2006.
- [5] Churilov, L.; Flitman, A. *Towards fair ranking of olympics achievements: The case of Sydney 2000*. *Computers and Operations Research* 33 (7), pp. 2057-2082, 2006.
- [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] Goicoechea, A.; Hansen, D.; Duckstein, L. *Multiobjective decision analysis with engeneering and bussiness applications*. London: John Wiley and Sons, 1982.
- [9] Gomes Júnior, S. F. *Métodos Não Convencionais de Restrições aos Pesos em DEA, Aplicados ao Campeonato Mundial de Fórmula 1*. Niterói, 2006. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, 2006.
- [10] Gomes Júnior, S. F.; Soares de Mello, J. C. C. B. *Emprego de Métodos Ordinais Multicritério na Análise do Campeonato Mundial de Fórmula 1*. Anais do X SPOLM, Rio de Janeiro, 2007.
- [11] Held, L.; Vollnhals, R. *Dynamic rating of European football teams*. *IMA - Journal of Management Mathematics*. 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] Jenkins, M. A.; Floyd, S. B. *Trajectories in the evolution of technology: A multi-level study of competition in formula 1 racing*. *Organization Studies*, 22 (6), pp. 945-969, 2001.
- [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 Nationalokonomie 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] Lins, M. P.; 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), pp. 312-322, 2003.
- [17] Miranda, C. M. G.; Almeida, A. T. *Visão Multicritério da Avaliação de Programas de Pós-graduação pela CAPES: O Caso da Área Engenharia III baseado nos Métodos ELECTRE II e MAUT*. *Gestão e Produção* 11 (1), pp. 51-64, 2004.
- [18] 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.

- [19] Roy, B., Bertier, P. *La méthode ELECTRE II*. SEMA (Metra internacional), Note de travail 142, 1971.
- [20] Roy, B., Bertier, P. *La méthode ELECTRE II: une application au média-planning*. In: ROSS, M. (ed.). OR' 72. North-Holland Publishing Company, pp. 291-302, 1973.
- [21] 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, 2005.
- [22] Soares de Mello, J. C. C. B.; Gomes, E. G.; Angulo Meza, L.; Biondi Neto, L. *Cross evaluation using weight restriction in unitary input DEA models: Theoretical aspects and application to Olympic Games ranking*. WSEAS Transactions on Systems, 7 (1), pp. 31-39, 2008.
- [23] 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, 25 (3), pp.313-330, 2005.