

## **SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS COM BASE NO MÉTODO MULTICRITÉRIO FITRADEOFF**

**Eduarda Asfora Frej**

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Av. Prof. Moraes Rêgo, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901  
eafrej@gmail.com

**Adiel Teixeira de Almeida**

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Av. Prof. Moraes Rêgo, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901  
almeidaatd@gmail.com

### **RESUMO**

Nas empresas de manufatura, os custos de matérias primas e insumos em geral representam uma parcela significativa do custo total da operação fabril. A seleção da fonte de suprimentos é uma decisão chave no ambiente estratégico da organização, e, se não for tomada de forma adequada, pode acarretar prejuízos de diversas naturezas à empresa. Estes prejuízos potenciais mostram que a seleção de um fornecedor não deve ser feita levando em consideração apenas o preço, pois trata-se de um problema que envolve múltiplos objetivos. Neste contexto, o presente trabalho visa solucionar o problema de seleção de fornecedores em uma empresa do setor alimentício através de uma abordagem multicritério, com o uso do novo método de elicitação FITradeoff, que consiste em um processo interativo e flexível junto ao decisor. Através da aplicação à problemática da empresa, será possível observar as vantagens que este método traz se comparado com abordagens tradicionais.

**PALAVRAS CHAVE. Seleção de Fornecedores, Decisão Multicritério, FITradeoff.**

**ADM - Apoio à Decisão Multicritério**

### **ABSTRACT**

In manufacturing companies, costs of raw and pack materials represent a significant part of manufacturing operation costs. Supplier selection is a key decision in the strategic level of the organization, and a wrong decision can bring many losses for the company. These potential losses show that this decision should not be made taking into account only the cost of the materials, since it is a problem that involves multiple objectives. In this context, this paper aims to solve the supplier selection problem in a food industry through a multi-criteria approach, using the new elicitation method FITradeoff, which is an interactive and flexible process with the decision maker. Some advantages of this new method will be shown through the application.

**KEYWORDS. Supplier Selection. Multicriteria Decision-Making. FITradeoff.**

**ADM - Multicriteria Decision Support**

## 1. Introdução

Na manufatura, o custo das matérias-primas, peças e componentes em geral representam mais da metade do custo dos produtos, o que torna a função de compras potencialmente muito influente na rentabilidade das organizações [Moreira, 2008]. Boas negociações com os fornecedores significam retorno para a companhia, portanto decisões relacionadas à seleção das fontes de suprimentos vêm tornando-se cada vez mais relevantes nas organizações competitivas.

O problema de seleção da fonte de suprimentos é vastamente estudado na literatura [Ho, Xu & Dey, 2010; Chai, Liu & Ngai, 2013]. A seleção de fornecedores é uma das atividades mais críticas para a gestão de cadeias de suprimentos, influenciando diretamente o desempenho das organizações, a qualidade dos produtos gerados, entre outros fatores de produção [Junior, Osiro & Carpinetti, 2013]. Este processo de seleção de fornecedores é, muitas vezes, equivocadamente tratado, levando em consideração apenas o quesito preço, deixando de considerar fatores cruciais para um adequado andamento da operação fabril e da cadeia de suprimentos como um todo. O problema de seleção de fornecedores é um problema de decisão multicritério, que inclui fatores quantitativos e qualitativos a serem considerados [Xia & Liu, 2007]. De acordo com Almeida (2013), a questão de múltiplos objetivos está sempre presente nos problemas enfrentados pelas organizações. Tratam-se principalmente dos problemas enfrentados pelos níveis hierárquicos mais altos ou de problemas de decisão de natureza estratégica da organização, que é o caso da seleção de fornecedores.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo tratar a problemática de seleção de fornecedores de uma indústria do setor alimentício através de uma abordagem multicritério, levando em consideração diversos fatores que tem influência no processo, além do preço. O método multicritério de apoio à decisão utilizado para resolver o problema foi o modelo de agregação aditivo determinístico. A elicitação com o decisor foi feita através do procedimento baseado em tradeoffs, considerando uma abordagem que exige informação parcial do decisor, através do uso do tradeoff interativo e flexível [de Almeida *et al.*, 2016]. O chamado FITradeoff apresenta meios de lidar com algumas inconsistências e complexidades observadas no método tradeoff tradicional [Keeney e Raiffa, 1976]. Este novo método traz dois principais benefícios: a informação requerida do decisor é reduzida se comparada ao tradeoff tradicional, e o decisor não precisa encontrar o ponto exato de indiferença entre duas consequências, que é uma questão crítica do procedimento de tradeoff tradicional, pois exige um alto esforço cognitivo por parte do decisor. Neste trabalho, estas e outras questões serão abordadas no contexto da aplicação do problema de seleção de fornecedores para a referida empresa.

O presente trabalho é composto de quatro seções, incluindo esta introdutória. A seção 2 apresenta o método de elicitação FITradeoff, para posterior aplicação do mesmo na seção 3, que apresenta um estudo de caso de seleção de fornecedores em uma indústria do setor alimentício através de uma abordagem multicritério. Por fim, a seção 4 apresenta as conclusões relevantes deste estudo.

## 2. Método de elicitação por Tradeoff Interativo e Flexível

Em um problema de decisão multicritério, uma das questões mais relevantes é a elicitação das constantes de escala para o processo de agregação [de Almeida *et al.* 2016]. Existem vários procedimentos que podem ser utilizados na elicitação de constantes de escala no modelo de agregação aditivo, a exemplo do tradeoff tradicional [Keeney e Raiffa, 1976] e do SWING [von Winterfeldt e Edwards, 1986]. O procedimento de tradeoff tradicional possui uma estrutura axiomática mais robusta, entretanto, estudos mostraram que este procedimento apresenta certas inconsistências [Weber e Borchering, 1993].

O método de elicitação por tradeoff requerer um esforço cognitivo muito grande por parte do decisor na hora de fazer comparações entre as consequências, pois o decisor deve estabelecer o valor exato de determinado critério que causa indiferença entre duas consequências. Muitas vezes, o decisor não tem capacidade de especificar corretamente este valor, portanto não é

muito confiável assumir que esta informação pode ser obtida de maneira consistente no processo decisório [de Almeida et al., 2016].

Devido a estas limitações do método tradeoff tradicional, um novo método de eliciação por tradeoff interativo e flexível, ou FITradeoff [de Almeida et al., 2016], visa efetuar o processo de eliciação de tal forma que requer menos informações por parte do decisor. A idéia da eliciação flexível veio a partir da visão de que nem sempre todas as informações solicitadas ao decisor na maioria dos métodos podem ser necessárias para resolver o problema.

Neste novo método, o decisor não precisa encontrar o ponto exato de indiferença entre duas conseqüências, pois ele irá estabelecer apenas relações de preferência estrita entre as elas, exercendo, assim, um menor esforço cognitivo na hora de compará-las. O esforço cognitivo exigido por parte do decisor no FITradeoff é muito menor do que no procedimento tradicional, pois é muito mais fácil para o decisor comparar conseqüências encontrando relações de preferência estrita do que de indiferença. Por requerer um menor esforço do decisor, é esperado que haja menos inconsistência no processo de eliciação, bem como é esperada também uma quantidade menor de erros no processo de especificação das preferências do decisor.

O FITradeoff tem as etapas iniciais de avaliação intracritério e ordenação das constantes de escala semelhantes ao procedimento de tradeoff tradicional [Almeida, 2013]. Na etapa 3, é iniciado um processo interativo junto ao decisor, onde as questões são baseadas no grau de informação necessária para se obter a solução do problema.

Para entender como funciona este processo interativo, suponha que, na etapa de ordenação, foi definido que a constante de escala do critério 2 ( $k_2$ ) é maior do que a constante de escala do critério 1 ( $k_1$ ), então, por exemplo, o decisor deverá escolher se prefere uma conseqüência com o melhor valor do critério 1 (e o pior valor para os demais) ou uma conseqüência com um valor intermediário do critério 2 (e o pior valor para os demais). Baseado nas respostas do decisor, o espaço de pesos atual - que começa o processo variando de 0 a 1 - vai sendo reduzido, trazendo novos valores para os limites das constantes de escala. A cada pergunta respondida, então, procura-se avaliar, através de problemas de programação linear, se a informação disponível já permite uma resposta adequada ao decisor. A figura 1 mostra um fluxograma resumido do método.

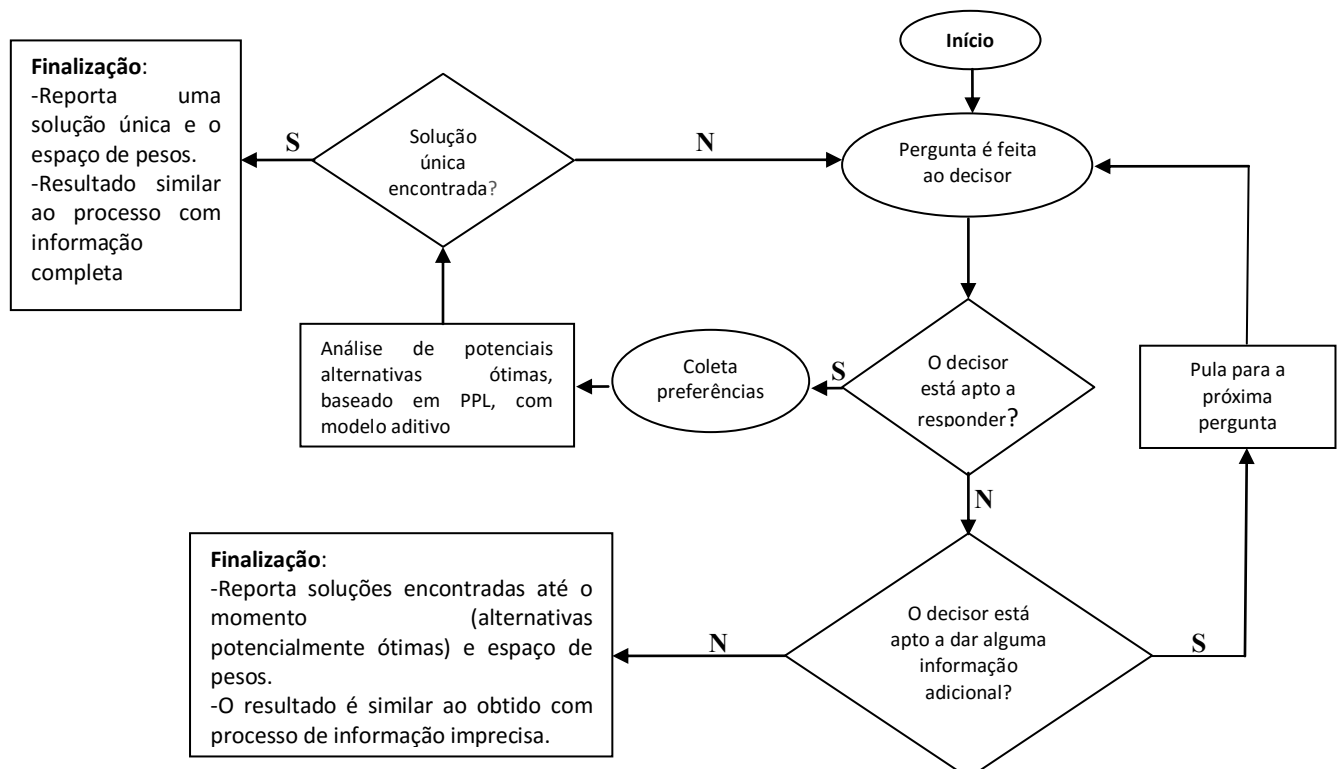


Figura 1: Fluxograma do FITradeoff (Adaptada de: de Almeida et al. 2016)

A flexibilidade do método consiste em avaliar sistematicamente a possibilidade de encontrar a solução do problema enquanto o processo de elicitação está sendo conduzido. Assim, o procedimento de elicitação pode ser suspenso assim que a solução for encontrada com a informação parcial obtida durante o processo [de Almeida et al., 2016].

### 3. Estudo de caso

Esta seção apresentará o contexto do problema e a empresa na qual o estudo foi realizado, bem como a aplicação do método apresentado na seção anterior para solucioná-lo; e, por fim, será feita uma discussão dos resultados obtidos.

#### 3.1. Contexto de aplicação e a empresa

A empresa referente ao estudo de caso do problema abordado neste trabalho é uma multinacional do setor de snacks (incluindo bebidas, gomas, doces, chocolates e biscoitos), fundada em 1923, na cidade de Chicago, e que, de lá para cá, já passou por diversas operações de fusão e cisão, tornando-se, hoje, uma das maiores empresas de snacks do mundo. A operação da empresa no Brasil é a quarta maior operação da empresa no mundo, composta por 13.000 funcionários, 17 sites (dentre fábricas, escritórios e centros de distribuição), e contém seis plantas em três estados brasileiros: São Paulo, Paraná e Pernambuco. O presente estudo de caso foi realizado com dados da planta de Pernambuco, situada em Vitória de Santo Antão desde 2011, onde trabalham cerca de 1.500 colaboradores.

As principais matérias primas utilizadas na produção são commodities em geral (farinhas, gorduras e açúcar) e agregados (corantes, aromas, enzimas, aromas, etc.). Com relação às embalagens, os itens são divididos em flexíveis (envoltórios), corrugados (caixas), bandejas, etiquetas e fitilho. Dentre os itens de embalagem, os envoltórios são os mais críticos, pois são materiais mais caros, com um processo produtivo mais delicado e susceptível a erros do que as caixas, bandejas, etiquetas e fitilhos. Por serem mais caros, é necessário que haja um fornecimento contínuo deste item na planta, para que o valor do estoque de materiais – que representa capital empatado – não chegue a níveis tão elevados. Levando em conta a criticidade deste item, torna-se relevante estruturar o processo de seleção de seu fornecedor de forma adequada, considerando todos os aspectos envolvidos.

O problema tratado aqui será justamente a seleção de um fornecedor de envoltório para o lançamento de um novo produto da fábrica referida. Trata-se de um problema onde há cinco alternativas de fornecedores (Fornecedor 1, 2, 3, 4 e 5), dos quais todos já forneceram ou fornecem algum material para a fábrica. O decisor deste problema é o gerente do setor de compras da empresa, e os dados do problema foram coletadas por analistas dos setores compras, planejamento de materiais e qualidade.

Devido aos múltiplos fatores envolvidos na problemática de seleção de fornecedores, este problema será tratado aqui com uma abordagem multicritério, onde a questão é avaliar os múltiplos objetivos em questão de forma integrada, objetivos estes representados por variáveis, muitas vezes em unidades de medidas diferentes [Almeida, 2013]. No presente caso, os critérios selecionados para fazerem parte da tomada de decisão são fatores que influenciam diretamente o desempenho do fornecedor frente à empresa, e que são facilmente perceptíveis pelos analistas no dia a dia do funcionamento da cadeia de suprimentos.

#### 3.2. Critérios avaliados e matriz de consequências

Abordagens mais ultrapassadas apontam que a melhor forma de tomar esta decisão é através da cotação dos preços por kg de envoltório fornecido de cada fornecedor, e então escolher o que oferecer o menor preço, visando, supostamente, uma minimização de custos por parte da empresa. Entretanto, uma adequada seleção de fornecedores é um fator crucial para o bom andamento da cadeia de suprimentos como um todo, pois um problema no fornecedor – seja com

relação à qualidade da matéria prima, ao prazo de entrega, à quantidade entregue, entre outros – pode incorrer em transtornos diversos na operação, que acarretam em outros custos indiretos à empresa, fazendo com que não compense escolher apenas aquele fornecedor que possui o menor preço. Tendo em vista estes aspectos, o presente problema de seleção de fornecedores levará em consideração os seguintes critérios:

- *Preço*: é o valor pago em reais, pela empresa, por cada kg de envoltório comprado. É um critério essencial para esta análise, pois um preço baixo na compra dos insumos torna menor o custo do produto, o que é essencial para que a empresa possa aumentar margem de lucro daquele produto ou então diminuir o preço de mercado dele, ganhando vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes.
- *Frete*: trata-se do tipo de frete, se é FOB (Free on Board), onde o comprador assume todos os riscos e custos envolvidos na compra, ou CIF (Cost, Insurance and Freight), onde o vendedor é que é o responsável por todos os custos e riscos. Quando o frete é FOB, ele é mais confiável, pois o caminhão é da própria empresa que compra, então torna-se possível rastrear o veículo com o material, o que nem sempre acontece quando o frete é CIF, pois, muitas vezes, os fornecedores terceirizam seu transporte, e então não possuem rastreamento das mercadorias, e aí os clientes ficam sem informação a respeito do seu pedido, acarretando insatisfação. Para a avaliação intracritério, os fornecedores cujo frete é FOB receberam valor 1, enquanto os de frete CIF receberam valor entre 0,5 e 1, dependendo de sua confiabilidade – baseada em experiências passadas do decisor.
- *Acuracidade*: indica a taxa de pedidos entregues na quantidade correta, ou seja, nem a mais e nem a menos do que consta na ordem de compra. Numericamente, é definido como a razão entre pedidos entregues na quantidade certa e o total de pedidos entregues, em determinado período.
- *Pontualidade*: indica a taxa de pedidos entregues na data correta, ou seja, nem antes e nem depois da data que consta na ordem de compra. Numericamente, é definido como a razão entre pedidos entregues na data correta e o total de pedidos entregues, em determinado período.
- *Qualidade*: indica a taxa de pedidos entregues sem avarias no material. Numericamente, é definido como a razão entre pedidos recebidos com o material dentro das especificações e o total de pedidos entregues, em determinado período.
- *Lead time*: É definido como o tempo decorrido desde a emissão da ordem de compra até a data de entrega do material na fábrica. Quanto menor o lead time, melhor para o comprador.
- *Flexibilidade*: está relacionada à capacidade de resposta do fornecedor em casos de solicitação de mudanças na quantidade do pedido de compra e mudança de prazo (ou até cancelamento de um pedido). É avaliada em uma escala definida de 1 a 5, onde o número 1 significa que o fornecedor é inflexível, e o número 5 quer dizer que o fornecedor é muito flexível.

Como dito anteriormente, as alternativas do problema serão cinco fornecedores que já forneceram ou fornecem algum material para a empresa. A partir de dados coletados da empresa, foi construída a matriz de consequências do problema, mostrada pela tabela 1:

Tabela Erro! Use a guia Página Inicial para aplicar 0 ao texto que deverá aparecer aqui.1: Matriz de consequências do problema

Alternativas/Critérios	Preço	Frete	Acuracidade	Pontualidade	Qualidade	Lead Time	Flexibilidade
Fornecedor 1	R\$ 17,44	1	0,9	0,9	1	45 dias	2
Fornecedor 2	R\$ 16,43	1	0,9	1	1	45 dias	1
Fornecedor 3	R\$ 14,38	0,5	0,8	0,8	0,8	45 dias	3
Fornecedor 4	R\$ 20,69	0,7	1	0,95	0,75	63 dias	5
Fornecedor 5	R\$ 20,69	1	1	1	0,5	45 dias	4

### 3.3. Elicitação das constantes de escala – FITradeoff

A elicitação das constantes de escala dos critérios foi feita junto ao decisor com o auxílio de um sistema de apoio à decisão. Pode-se observar que, neste trabalho, está sendo mais utilizado o termo “constantes de escala” do que “pesos”, pois a idéia de peso traz uma noção apenas de grau de importância do critério, e no modelo de agregação aditivo as constantes de escala não assumem somente este papel, pois dependem da faixa de consequências que está sendo trabalhada (Almeida, 2013). A matriz de consequências da tabela 1 foi colocada como input para o sistema.

Na etapa de ordenação, obteve-se o seguinte ranking para as constantes de escala:

$$k_{\text{preço}} > k_{\text{frete}} > k_{\text{acuracidade}} > k_{\text{qualidade}} > k_{\text{flexibilidade}} > k_{\text{lead-time}} > k_{\text{pontualidade}}$$

A cada etapa do processo de elicitação, o decisor pode visualizar os resultados parciais para analisar as alternativas não dominadas, e ele também pode interromper a elicitação a qualquer momento, caso ache que aquele resultado parcial já é suficiente para a tomada de decisão.

Após a etapa de ordenação, das cinco alternativas do problema, restaram três não dominadas (Fornecedores 1, 2 e 3), como pode ser visualizado na figura 2, onde as barras representam o desempenho dos critérios para as alternativas, e as linhas representam os valores das constantes de escala que maximizam o valor da respectiva alternativa:

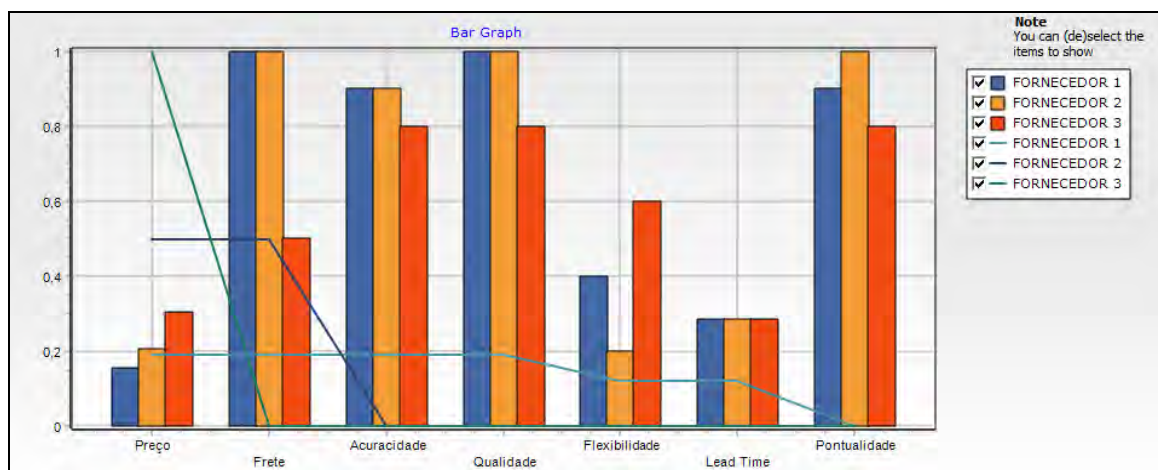


Figura 2: Gráfico comparativo das alternativas não dominadas após ordenação

Pela figura 2, pode-se notar que os fornecedores 1 e 2, em termos de desempenho, estão tecnicamente empatados, mas o fornecedor 2 tem vantagem sobre o fornecedor 1 nos critérios preço e pontualidade, sendo pior apenas no critério flexibilidade. O fornecedor 3 é igual ou pior

do que os demais em quatro critérios, sendo melhor apenas nos quesitos preço (que tem o maior valor para a constante de escala) e flexibilidade. Observando este gráfico, se o decisor achasse que esta informação já é suficiente para tomar uma decisão, ele poderia parar o processo de elicitação.

Optando por continuar no processo, o decisor responde à primeira pergunta. Após esta primeira resposta, o problema continuou com três alternativas não dominadas, e a visualização do resultado permanece aquele que foi mostrado pela figura 2. Respondendo à segunda pergunta, entretanto, o modelo encontra uma única solução não dominada: Fornecedor 2. O espaço de “pesos” obtidos pode ser visualizado pela figura 3a, e na figura 3b é possível enxergar, dentro desta faixa, os valores dos pesos que tornam ótima a alternativa Fornecedor 2.



Figura 3a: Valores máximos e mínimos para as constantes de escala

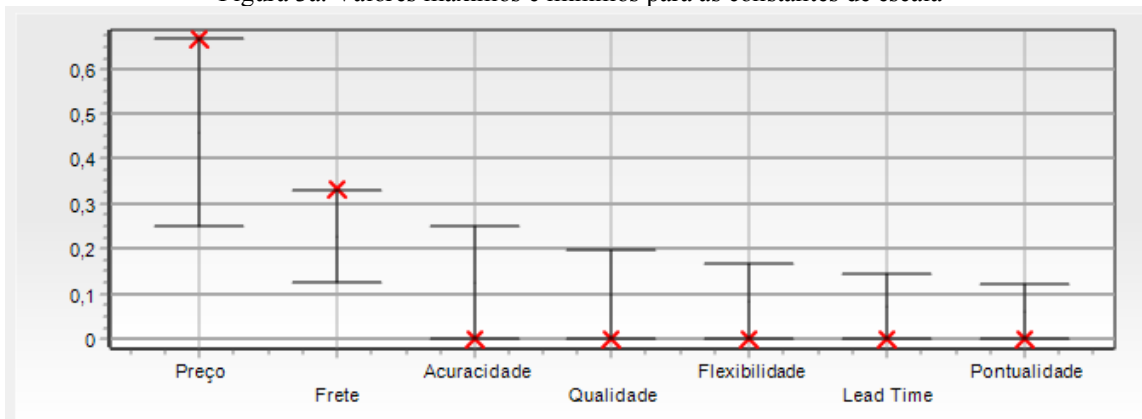


Figura 3b: Faixa de valores dos pesos com o valor final sinalizado

A tabela 2 apresenta numericamente os valores final das constantes de escala, que levaram a alternativa Fornecedor 2 a obter um valor global de 0,783.

Tabela 2: Valores dos pesos que maximizam a alternativa escolhida

K(Preço)	0,667
K(Frete)	0,333
K(Acuracidade)	0
K(Qualidade)	0
K(Flexibilidade)	0
K(Lead Time)	0
K(Pontualidade)	0

### 3.4. Discussão dos resultados

A solução encontrada propõe a seleção do Fornecedor 2, que, por sua vez, não é o que oferece menor preço do material em questão. O Fornecedor 3, apesar de ganhar no quesito preço, apresenta a pior performance nos critérios frete, acuracidade e pontualidade, portanto a agregação dos critérios fez com que este excelente desempenho em preço fosse ofuscado pelo péssimo desempenho nestes outros três critérios, fazendo com que o fornecedor 2 obtivesse um valor global maior e fosse selecionado. Este fato leva à conclusão que, de fato, uma seleção baseada apenas no quesito preço pode não ser tão eficaz para a empresa, porque o problema de seleção de fornecedores inerentemente envolve uma série de outros objetivos, tornando bastante relevante a análise do ponto de vista multicritério.

Com relação à aplicação do FITradeoff, pode ser observado que a quantidade de perguntas necessária para chegar a uma solução final foi apenas duas. Se o procedimento de tradeoff tradicional tivesse sido utilizado para elicitar as constantes de escala, teriam que ser feitas pelo menos 6 perguntas para chegar a uma solução ótima. Este número mínimo de 6 é igual ao número de critérios menos um, pois há 7 valores de constantes de escala a serem calculados, mas deve ser considerada também a questão da normalização dos pesos, ou seja, deve-se considerar a equação do somatório dos pesos igual a 1, restando, então, 6 equações para o sistema poder ser resolvido [Almeida, 2013]. Além disso, estas perguntas que seriam respondidas no método tradicional iriam requerer do decisor um ponto de indiferença entre duas conseqüências, enquanto no FITradeoff ele responde apenas com relação à sua preferência entre uma das conseqüências.

Estas questões mostram algumas vantagens em utilizar o FITradeoff frente ao método tradicional, pois o decisor irá chegar em um resultado final fornecendo bem menos informação do que forneceria no método tradicional, além da economia de tempo e menor esforço cognitivo exigido do decisor.

### 4. Conclusões

Dentro de um contexto onde a obtenção de vantagem competitiva é algo cada vez mais buscado pelas empresas, torna-se necessário dar uma atenção especial a questões que envolvem a cadeia de suprimentos como um todo, a exemplo da seleção da fonte de suprimentos da empresa foco. Uma escolha do fornecedor baseada apenas no menor preço oferecido pode acarretar prejuízos à empresa de diversas naturezas, como o aumento do nível de estoques, retrabalho na operação devido a problemas de qualidade, paradas de linha de produção por atraso na entrega dos insumos, entrega em menores quantidades ou materiais fora das especificações desejadas, entre outros.

Neste contexto, o presente trabalho apresentou uma abordagem multicritério para solucionar o problema de decisão de seleção de fornecedores de uma indústria do setor alimentício. Os critérios considerados foram preço, frete, qualidade, acuracidade, flexibilidade, lead time e pontualidade. O método multicritério utilizado para resolver o problema foi o modelo de agregação aditivo determinístico, com o procedimento de elicitação por meio de tradeoff interativo e flexível (FITradeoff), que leva em consideração informação parcial do decisor.

Foi observado que este novo método dá uma flexibilidade maior ao decisor, pois ele pode interromper o processo de elicitação no meio do procedimento, se achar que a informação que tem já é suficiente para tomar a decisão. Além disso, o FITradeoff exige menor esforço cognitivo por parte do decisor se comparado ao tradeoff tradicional, pois ele não tem que especificar um ponto exato de indiferença entre conseqüências. Observou-se também que o número de perguntas respondidas no FITradeoff foi menor do que o número mínimo necessário pelo tradeoff tradicional, apontando mais uma vantagem trazida por este novo método.



## Referências

- Almeida, A.T. de. (2013). *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério*, 1a Edição. Editora Atlas, São Paulo.
- Chai, J., Liu, J.N., Ngai, E.W. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*. 40 (10), pp. 3872-3885.
- de Almeida, A. T., Almeida, J. A., Costa, A. P. C. S., Almeida-Filho, A. T. (2016). A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, v. 250, n. 1, p. 179-191.
- Ho, W., Xu, X., Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*. 202 (1), pp.16-24.
- Junior, F.R.L., Osiro, L., Carpinetti, L.C.R. (2013). Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. *Gestão & Produção*, 20:781-801.
- Keeney, R.L., Raiffa, H. (1976). *Decision analysis with multiple conflicting objectives*. Wiley & Sons, New York.
- Moreira, D.A. (2008). *Administração da produção e operações*. 2.ed. Cengage Learning, São Paulo.
- von Winterfeldt, D., Edwards, W. (1986). *Decision analysis and behavioral research*.
- Weber, M., Borcherding, K. (1993). Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. *European Journal of Operational Research*, 67:1-12.
- Xia, W., Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 35(5), 494-504.