

Modelos multicriteriais de apoio à decisão: o modelo AHP como auxílio à seleção de fornecedores em uma confecção

Mylena Cristina Rezende Pacheco¹, Fernando Luiz Goldman²

¹ Engenheira de Produção, Ex- aluna UNIFESO

² Docente de Engenharia de Produção – UNIFESO – Teresópolis, RJ – Brasil

mylenacrp@hotmail.com, fernandogoldman@yahoo.com.br

Multi-criteria decision model: the model AHP as aid to the supplier selection

Abstract: *Little attention is still given to the benefits of simulations when using multicriteria models Decision Support. This article describes work Completion of course (Production Engineering), reporting research on application of a mathematical model, Analytic Hierarchy Process, the selection of suppliers and relevant discussions involving simulations and sensitivity analysis, with no dedicated and easily available software support .*

Keywords: *AHP; multicriteria; Simulation.*

Resumo: Pouca atenção ainda é dada aos benefícios das Simulações ao se utilizar Modelos Multicriteriais de Apoio à Decisão. Este artigo descreve Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção), relatando pesquisa sobre aplicação de um modelo matemático, Analytic Hierarchy Process, na seleção de fornecedores e discussões pertinentes envolvendo Simulações e Análise de Sensibilidade, com apoio de software não dedicado e facilmente disponível.

Palavras chave: AHP; Multicritério; Simulação.

Introdução

Como destaca Saaty (2008, p. 83), “somos todos fundamentalmente decisores”. Hoje, os decisores se percebem imersos em contextos de incerteza knightiniana e racionalidade limitada (GOLDMAN, 2013, p. 33), não sendo “maximizadores perfeitos” (CORAZZA; FRACALANZA, 2004, p. 129-130). Para Bazerman e Moore (2010, p. 7) ainda há outros limitadores (tempo, custo ou a própria percepção e inteligência dos próprios decisores).

Muita ênfase vem sendo dada na literatura sobre empresas à decisão em si. Almeida (2011, p. 16) afirma que os “métodos clássicos de pesquisa operacional [(PO)] são utilizados quando apenas uma variável-objetivo é relevante ou quando todos os objetivos podem ser representados pela mesma unidade de medida, o que nem sempre ocorre”. Assim, os diferentes modelos da Análise de Decisão Multi Critério (MCDA) são importantes ferramentas da PO e entre eles se destaca o Processo Analítico Hierárquico (AHP – do inglês Analytic Hierarchy Process), um modelo aditivo compensatório (PACHECO, 2015).

O AHP foi desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970 nos EUA (SHIMIZU; 2006, p. 278). Foi pioneiro na Escola Americana no que diz respeito aos problemas de decisão que envolvem múltiplos critérios (REIS; LÖBLER, 2012, p.400), permitindo combinar dados qualitativos e quantitativos num só problema (ABREU; et al, 2000, p. 262) e por esses motivos tem tido aplicação em várias áreas.

No entanto, usualmente, pouca atenção ainda é dada aos benefícios da Simulação e da Análise de Sensibilidade ao se utilizar o AHP, daí ser comum a referência a ele como um método e não como um modelo que realmente é. Este artigo tem como objetivo geral apresentar um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), elaborado a partir da disciplina de Sistemas de Apoio à Decisão da Engenharia de Produção, relatando pesquisa sobre o uso do modelo AHP em um problema real na seleção de fornecedores de uma confecção, com Análise de Sensibilidade e simulações do tipo “e se...”, com o apoio de uma planilha eletrônica não dedicada e facilmente disponível (PACHECO, 2015).

O desenvolvimento deste artigo faz-se em cinco seções, incluída esta **Introdução**. A segunda, **Aspectos metodológicos**, qualifica a pesquisa descrita quanto aos métodos e meios empregados. A terceira, **Exemplo de aplicação do AHP**, mostra a aplicação do modelo estudado em um problema real. A quarta, **Resultados e discussão**, apresenta e analisa os resultados obtidos. A quinta, **Considerações finais**, traz limitações da pesquisa, sugestões para pesquisas futuras e uma conclusão sucinta.

Aspectos metodológicos

Este artigo descreve uma pesquisa de caráter teórico-conceitual, que se caracteriza como aplicada, qualitativa e exploratória, trazendo em seu desenvolvimento a aplicação de um modelo matemático já existente e discussões pertinentes a sua utilização na Análise de Sensibilidade de uma tomada de decisão com auxílio de uma planilha eletrônica.

Todos os cálculos foram realizados com o software MICROSOFT® EXCEL®, que é suficiente e de fácil utilização para a aplicação do modelo AHP. Para o exemplo de aplicação descrita neste artigo são usadas tabelas, com células contendo fórmulas simples, de acordo o procedimento passo a passo proposto por Saaty (1990), cuja descrição detalhada, além de ser bastante documentada, fugiria ao escopo desse artigo.

Como é bem sabido, o processo de normalização, usado no TCC, de cálculo bem mais prático, possui resultados extremamente próximos aos obtidos com o cálculo algébrico do autovetor matricial, sendo perfeitamente adequado ao tipo de precisão requerido em problemas do tipo do discutido.

Exemplo de aplicação do AHP

Para Análise de Sensibilidade com a utilização de uma planilha eletrônica não dedicada é apresentada a resolução de um problema real de decisão usando o modelo AHP. Uma confecção de médio porte, denominada doravante pelo nome fictício XPTO, deseja selecionar um fornecedor das linhas utilizadas no processo produtivo, considerando os seguintes critérios: Qualidade, Preço, Condições de pagamento, Frete, Confiabilidade e Prazo de entrega.

Hoje, a escolha de fornecedores na XPTO já considera os critérios acima, mas de forma não estruturada. A decomposição hierárquica proposta para o problema aqui descrito pode ser visualizada através da árvore de decisão da Figura 1.

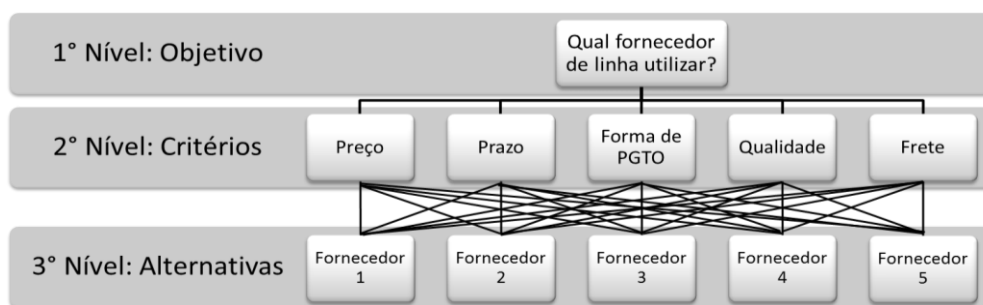


Figura 1: Árvore de decisão do problema descrito

A partir de entrevistas com o representante do setor de compras da XPTO, coletou-se os dados pertinentes à percepção do mesmo em relação aos critérios considerados na compra. O critério Confiabilidade foi desconsiderado por ter sido avaliado com mesmo desempenho para todos os fornecedores.

As características ou importâncias dos outros critérios são evidenciadas nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1: Desempenho dos fornecedores em relação aos critérios objetivos

Fornecedores de linhas	Preços	Prazo de entrega	Forma de pagamento	Frete
Fornecedor 1	R\$ 4,50	Faturamento imediato	42/56/70 dias	CIF
Fornecedor 2	R\$ 3,80	15 dias	28/45 dias	FOB
Fornecedor 3	R\$ 15,50	Faturamento imediato	28/45 dias	CIF
Fornecedor 4	R\$ 3,88	15 dias	28/45 dias	FOB
Fornecedor 5	R\$ 3,84	7 dias	28 dias	FOB

Quadro 2: Desempenho dos fornecedores em relação aos critérios subjetivos

Fornecedores de linhas	Qualidade	Confiabilidade
Fornecedor 1	Muito boa	Ok
Fornecedor 2	Arrebenta muito, gera muita parada de máquina, o que não é bom para produção	Ok
Fornecedor 3	Excelente	Ok
Fornecedor 4	Arrebenta muito, gera muita parada de máquina, o que não é bom para produção	Ok
Fornecedor 5	Arrebenta muito, gera muita parada de máquina, o que não é bom para produção - reprovada pela produção	Ok

Vale ressaltar que o fornecedor 5 foi reprovado pelo sistema produtivo da empresa, sendo assim descartado na aplicação do modelo, e que os nomes e marcas dos demais fornecedores foram preservados.

Resultados e discussão

Após a primeira percepção descrita pelo decisor do setor de compras da XPTO, foi utilizada a Escala Fundamental de Saaty, no Quadro 3, para comparar, par a par, os critérios utilizados para esta seleção e o resultado de tais comparações pode ser visto na tabela 1.

Quadro 3: Escala Fundamental de Saaty

Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Tabela 1: Matriz de comparação pareada dos critérios

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo
Qualidade	1	1	9	9	9
Preço	1	1	9	9	9
Forma de PGTO	1/9	1/9	1	1	1
Frete	1/9	1/9	1	1	5
Prazo	1/9	1/9	1	1/5	1
Soma	2,3333	2,3333	21,0000	20,2000	25,0000

Os pesos atribuídos para cada critério, obtidos através do processo de normalização estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Normalização e obtenção dos pesos

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Média	Peso (%)
Qualidade	0,4286	0,4286	0,4286	0,4455	0,3600	0,4183	41,83%
Preço	0,4286	0,4286	0,4286	0,4455	0,3600	0,4183	41,83%
Forma de PGTO	0,0476	0,0476	0,0476	0,0495	0,0400	0,0465	4,65%
Frete	0,0476	0,0476	0,0476	0,0495	0,2000	0,0785	7,85%
Prazo	0,0476	0,0476	0,0476	0,0099	0,0400	0,0386	3,86%
Soma	1	1	1	1	1	1	100,00%

Nota-se que os critérios Qualidade e Preço foram avaliados como tendo grande e equivalente importância, enquanto os demais obtiveram pesos de menor importância.

A tabela 3 mostra os elementos da análise de Consistência.

Tabela 3: Vetor Soma e Vetor de Consistência

Crítérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Peso (%)	Vetor Soma	Vetor de Consistência
Qualidade	1	1	9	9	9	41,83%	2,3080	5,5181
Preço	1	1	9	9	9	41,83%	2,3080	5,5181
Forma PGTO	1/9	1/9	1	1	1	4,65%	0,2564	5,5181
Frete	1/9	1/9	1	1	5	7,85%	0,4106	5,2330
Prazo	1/9	1/9	1	1/5	1	3,86%	0,1937	5,0235
Soma	2,3333	2,3333	21,0000	20,2000	25,0000	1,0000	5,4767	

Os valores obtidos para a média aritmética da coluna do Vetor de Consistência (λ máx), o Índice de Consistência (CI), o Índice Randômico (RI) e a Relação de Consistência (CR), estão registrados na Tabela 4, finalizando, o teste de consistência.

Tabela 4: Teste de Consistência

λ máx	CI	RI	CR
5,3622	0,0905	1,1200	0,0808

Através do teste de consistência realizado pôde-se constatar que a comparação pareada do decisor obteve uma Relação de Consistência de 0,0808, que atende ao requisito de que uma inconsistência aceitável deve ser menor ou igual a 0,1.

Ao comparar de forma pareada, cada fornecedor em relação ao critério Qualidade, foram obtidas as matrizes mostradas nas Tabelas 5, 6, 7 e 8.

Tabela 5: Matriz de comparação pareada dos fornecedores - Critério Qualidade

Qualidade	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1	7	1/7	9
Fornecedor 2	1/7	1	1/9	3
Fornecedor 3	7	9	1	9
Fornecedor 4	1/9	1/3	1/9	1
Soma	8,2540	17,3333	1,3651	22,0000

Tabela 6: Normalização e desempenho dos fornecedores - Critério Qualidade

Qualidade	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Média	Peso (%)
Fornecedor 1	0,1212	0,4038	0,1047	0,4091	0,2597	25,97%
Fornecedor 2	0,0173	0,0577	0,0814	0,1364	0,0732	7,32%
Fornecedor 3	0,8481	0,5192	0,7326	0,4091	0,6272	62,72%
Fornecedor 4	0,0135	0,0192	0,0814	0,0455	0,0399	3,99%
Soma	1	1	1	1	1	100,00%

Tabela 7: Vetor Soma e Vetor de Consistência: Critério Qualidade

Qualidade	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Peso (%)	Vetor Soma	Vetor de Consistência
Fornecedor 1	1	7	0,1429	9	25,97%	1,2206	4,7003
Fornecedor 2	1/7	1	0,1111	3	7,32%	0,2996	4,0940
Fornecedor 3	7	9	1	9	62,72%	3,4627	5,5206
Fornecedor 4	1/9	1/3	1/9	1	3,99%	0,1628	4,0824
Soma	8,2540	17,3333	1,3651	22,0000	100,00%	5,1458	

Tabela 8: Teste de Consistência: Critério Qualidade

λ máx	CI	RI	CR
4,5993	0,1998	0,9000	0,2220

Deve ser notado que a primeira tentativa de obtenção do desempenho dos fornecedores para o critério Qualidade resultou em uma inconsistência não aceitável: o valor gerado para a Relação de Consistência (CR) foi de 0,2220, o que não atende à regra $CR \leq 0,10$.

Esta etapa do modelo foi reaplicada, exigindo uma reavaliação do decisor referente aos valores atribuídos segundo a Escala Fundamental de Saaty. Foi detectada uma falha de interpretação ao comparar o fornecedor 1 em relação ao fornecedor 3. Os resultados da nova comparação pareada podem ser vistos nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9: Matriz de comparação pareada dos fornecedores - Critério Qualidade

Qualidade	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1	7	1	9
Fornecedor 2	1/7	1	1/9	3
Fornecedor 3	1	9	1	9
Fornecedor 4	1/9	1/3	1/9	1
Soma	2,2540	17,3333	2,2222	22,0000

Tabela 10: Normalização e desempenho dos fornecedores - Critério Qualidade

Qualidade	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Média	Peso (%)
Fornecedor 1	0,4437	0,4038	0,4500	0,4091	0,4266	42,66%
Fornecedor 2	0,0634	0,0577	0,0500	0,1364	0,0769	7,69%
Fornecedor 3	0,4437	0,5192	0,4500	0,4091	0,4555	45,55%
Fornecedor 4	0,0493	0,0192	0,0500	0,0455	0,0410	4,10%
Soma	1	1	1	1	1	100,00%

O novo teste de consistência pode ser visualizado nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11: Vetor Soma e Vetor de Consistência - Critério Qualidade

Qualidade	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Peso (%)	Vetor Soma	Vetor de Consistência
Fornecedor 1	1	7	1	9	42,66%	1,7891	4,1934
Fornecedor 2	1/7	1	0,1111	3	7,69%	0,3114	4,0516
Fornecedor 3	1	9	1	9	45,55%	1,9428	4,2653
Fornecedor 4	1/9	1/3	1/9	1	4,10%	0,1646	4,0159
Soma	2,2540	17,3333	2,2222	22,0000	100,00%	4,2080	

Tabela 12: Teste de Consistência - Critério Qualidade

λ máx	CI	RI	CR
4,1316	0,0439	0,9000	0,0487

Neste segundo momento, a CR se mostrou aceitável.

Para a comparação pareada do critério Preço, adotou-se primeiramente a definição de que os preços dos fornecedores 2 e 4 (respectivamente R\$ 3,80 e R\$ 3,88) seriam considerados iguais. O desempenho dos fornecedores em relação ao Critério Preço pode ser verificado nas Tabelas 13, 14, 15 e 16.

Tabela 13: Matriz de comparação pareada dos fornecedores - Critério Preço

Preço	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1	1/4	9	1/4
Fornecedor 2	4	1	9	1
Fornecedor 3	1/9	1/9	1	1/9
Fornecedor 4	4	1	9	1
Soma	9,1111	2,3611	28,0000	2,3611

Tabela 14: Normalização e desempenho dos fornecedores - Critério Preço

Preço	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Média	Peso (%)
Fornecedor 1	0,1098	0,1059	0,3214	0,1059	0,1607	16,07%
Fornecedor 2	0,4390	0,4235	0,3214	0,4235	0,4019	40,19%
Fornecedor 3	0,0122	0,0471	0,0357	0,0471	0,0355	3,55%
Fornecedor 4	0,4390	0,4235	0,3214	0,4235	0,4019	40,19%
Soma	1,0000	1,0000	1	1	1	100,00%

Tabela 15: Vetor Soma e Vetor de Consistência - Critério Preço

Preço	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Peso (%)	Vetor Soma	Vetor de Consistência
Fornecedor 1	1	0,25	9	0,25	16,07%	0,6812	4,2382
Fornecedor 2	4	1	9	1	40,19%	1,7663	4,3950
Fornecedor 3	1/9	1/9	1	0,1111	3,55%	0,1427	4,0182
Fornecedor 4	4	1	9	1	40,19%	1,7663	4,3950
Soma	9,1111	2,3611	28,0000	2,3611	100,00%	4,3564	

Tabela 16: Teste de Consistência - Critério Preço

λ máx	CI	RI	CR
4,2616	0,0872	0,9000	0,0969

O teste de consistência para o desempenho dos quatro fornecedores perante o critério preço foi satisfatório obedecendo ao requisito: $0,0969 \leq 0,10$.

Para o critério Forma de PGTO, havia duas formas de desempenho: em 42/56/70 dias ou 28/45 dias. Assim, a partir da avaliação do decisor, obteve-se o resultado de consistência total, visto só haver uma comparação, verificado nas Tabelas 17, 18, 19 e 20.

Tabela 17: Matriz de comparação pareada dos fornecedores - Critério Forma de PGTO

Forma de PGTO	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1	7	7	7
Fornecedor 2	1/7	1	1	1
Fornecedor 3	1/7	1	1	1
Fornecedor 4	1/7	1	1	1
Soma	1,4286	10,0000	10,0000	10,0000

Tabela 18: Normalização e desempenho dos fornecedores - Critério Forma de PGTO

Forma de PGTO	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Média	Peso (%)
Fornecedor 1	0,7000	0,7000	0,7000	0,7000	0,7000	70,00%
Fornecedor 2	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	10,00%
Fornecedor 3	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	10,00%
Fornecedor 4	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	10,00%
Soma	1,0000	1,0000	1	1	1	100,00%

Tabela 19: Vetor Soma e Vetor de Consistência - Critério Forma de PGTO

Forma de PGTO	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Peso (%)	Vetor Soma	Vetor de Consistência
Fornecedor 1	1	7	7	7	70,00%	2,8000	4,0000
Fornecedor 2	1/7	1	1,0000	1,0000	10,00%	0,4000	4,0000
Fornecedor 3	1/7	1	1	1	10,00%	0,4000	4,0000
Fornecedor 4	1/7	1	1	1	10,00%	0,4000	4,0000
Soma	1,4286	10,0000	10,0000	10,0000	100,00%	4,0000	

Tabela 20: Teste de Consistência - Critério Forma de PGTO

λ máx	CI	RI	CR
4,0000	0,0000	0,9000	0,0000

Dois tipos de frete foram considerados: o CIF e o FOB, sendo adeptos ao CIF, os fornecedores 1 e 3 e ao FOB, os fornecedores 2 e 4. O tipo CIF foi avaliado como importância absoluta em relação ao outro tipo.

Tabela 21: Matriz de comparação pareada dos fornecedores - Critério Frete

Frete	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1	9	1	9
Fornecedor 2	1/9	1	1/9	1
Fornecedor 3	1	9	1	9
Fornecedor 4	1/9	1	1/9	1
Soma	2,2222	20,0000	2,2222	20,0000

Tabela 22: Normalização e desempenho dos fornecedores - Critério Frete

Frete	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Média	Peso (%)
Fornecedor 1	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	45,00%
Fornecedor 2	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	5,00%
Fornecedor 3	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	45,00%
Fornecedor 4	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	5,00%
Soma	1,0000	1,0000	1	1	1	100,00%

Tabela 23: Vetor Soma e Vetor de Consistência - Critério Frete

Frete	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Peso (%)	Vetor Soma	Vetor de Consistência
Fornecedor 1	1	9	1	9	45,00%	1,8000	4,0000
Fornecedor 2	1/9	1	0,1111	1	5,00%	0,2000	4,0000
Fornecedor 3	1	9	1	9	45,00%	1,8000	4,0000
Fornecedor 4	1/9	1	1/9	1	5,00%	0,2000	4,0000
Soma	2,2222	20,0000	2,2222	20,0000	100,00%	4,0000	

Tabela 24: Teste de Consistência - Critério Frete

λ máx	CI	RI	CR
4,0000	0,0000	0,9000	0,0000

Referentemente ao Prazo de entrega, os fornecedores 1 e 3 tem faturamento imediato, o que foi avaliado como tendo importância absoluta sobre os fornecedores 2 e 4 que tem faturamento em 15 dias.

Tabela 25: Matriz de comparação pareada dos fornecedores - Critério Prazo

Prazo	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4
Fornecedor 1	1	9	1	9
Fornecedor 2	1/9	1	1/9	1
Fornecedor 3	1	9	1	9
Fornecedor 4	1/9	1	1/9	1
Soma	2,2222	20,0000	2,2222	20,0000

Tabela 26 : Normalização e desempenho dos fornecedores - Critério Prazo

Prazo	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Média	Peso (%)
Fornecedor 1	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	45,00%
Fornecedor 2	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	5,00%
Fornecedor 3	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	0,4500	45,00%
Fornecedor 4	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	5,00%
Soma	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	100,00%

Tabela 27: Vetor Soma e Vetor de Consistência - Critério Prazo

Prazo	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Peso (%)	Vetor Soma	Vetor de Consistência
Fornecedor 1	1	9	1	9	45,00%	1,8000	4,0000
Fornecedor 2	1/9	1	0,1111	1	5,00%	0,2000	4,0000
Fornecedor 3	1	9	1	9	45,00%	1,8000	4,0000
Fornecedor 4	1/9	1	1/9	1	5,00%	0,2000	4,0000
Soma	2,2222	20,0000	2,2222	20,0000	100,00%	4,0000	

Tabela 28: Teste de Consistência - Critério Prazo

λ máx	CI	RI	CR
4,0000	0,0000	0,9000	0,0000

A matriz de decisão da Tabela 29 mostra o peso atribuído a cada critério, o desempenho dos fornecedores em relação ao mesmo e o resultado da multiplicação matricial entre o peso de cada critério e o percentual de desempenho dos fornecedores:

Tabela 29: Desempenho final dos fornecedores

	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Resultado
Pesos	41,83%	41,83%	4,65%	7,85%	3,86%	
Fornecedor 1	42,66%	16,07%	70,00%	45,00%	45,00%	33,09%
Fornecedor 2	7,69%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	21,07%
Fornecedor 3	45,55%	3,55%	10,00%	45,00%	45,00%	26,27%
Fornecedor 4	4,10%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	19,57%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Dessa forma, ao aplicar o Modelo AHP para a seleção de fornecedores, o melhor desempenho foi do fornecedor 1 com 33,09% e os demais desempenhos 26,27%, 21,07% e 19,57% dos fornecedores 3, 2 e 4 respectivamente, devendo ser verificado se este é resultado robusto ou não. O tipo de Análise de Sensibilidade empregado neste trabalho é o do tipo “e se...”, com alterações dos pesos relativos dos critérios, como descrito a seguir.

1ª Simulação: A comparação entre os critérios Qualidade e Preço, originalmente avaliados com importância equivalente, sofreu uma pequena alteração onde o critério Preço teria agora importância muito pequena sobre o critério Qualidade (valor 2 na Escala Fundamental, porém como a comparação é o inverso, o valor será 1/2).

O critério Qualidade, por sua vez, antes avaliado como tendo importância absoluta sobre os demais critérios, assumiu agora uma importância muito grande (valor 7 na Escala Fundamental). As demais comparações permanecem iguais.

A tabela a seguir mostra cada comparação, os valores das comparações originais e os valores das comparações simuladas:

Tabela 30: Variações de avaliação para Análise de Sensibilidade

Comparações	Valor original	Variações
Qualidade-Preço	1	1/2
Qualidade-Forma de PGTO	9	7
Qualidade-Frete	9	7
Qualidade-Prazo	9	7
Preço-Forma de PGTO	9	9
Preço-Frete	9	9
Preço-Prazo	9	9
Forma de PGTO-Frete	1	1
Forma de PGTO-Prazo	1	1
Frete-Prazo	5	5

As Tabelas 31 e 32 mostram a nova Matriz de Comparação Pareada obtida através das simulações e o respectivo resultado do teste de consistência.

Tabela 31: Matriz de comparação pareada dos Critérios

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo
Qualidade	1	1/2	7	7	7
Preço	2	1	9	9	9
Forma de PGTO	1/7	1/9	1	1	1
Frete	1/7	1/9	1	1	5
Prazo	1/7	1/9	1	1/5	1
Soma	3,4286	1,8333	19,0000	18,2000	23,0000

Tabela 32: Teste de Consistência

λ máx	CI	RI	CR
5,3855	0,0964	1,1200	0,0860

O resultado final pode ser visto na Tabela 33.

Tabela 33: Desempenho final dos fornecedores

	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Resultado
Pesos	32,44%	49,77%	5,07%	8,54%	4,19%	
Fornecedor 1	42,66%	16,07%	70,00%	45,00%	45,00%	31,11%
Fornecedor 2	7,69%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	23,64%
Fornecedor 3	45,55%	3,55%	10,00%	45,00%	45,00%	22,78%
Fornecedor 4	4,10%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	22,47%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

2ª Simulação: Admitiu-se para esta simulação que o critério Qualidade teria importância grande em relação ao critério Preço (valor 5 na Escala Fundamental), o Critério preço, ao invés de ter importância absoluta em relação aos critérios Forma de PGTO, Frete e Prazo, teria agora importância muito grande (valor 7 na Escala Fundamental) e as comparações entre Forma de PGTO, Frete e Prazo, seriam todas equivalentes. As variações são vistas nas tabelas a seguir.

Tabela 34: Variações de avaliação para Análise de Sensibilidade

Comparações	Valor original	Variações
Qualidade-Preço	1	5
Qualidade-Forma de PGTO	9	9
Qualidade-Frete	9	9
Qualidade-Prazo	9	9
Preço-Forma de PGTO	9	7
Preço-Frete	9	7
Preço-Prazo	9	7
Forma de PGTO-Frete	1	1
Forma de PGTO-Prazo	1	1
Frete-Prazo	5	1

Tabela 35: Matriz de comparação pareada dos Critérios

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo
Qualidade	1	5	9	9	9
Preço	1/5	1	7	7	7
Forma de PGTO	1/9	1/7	1	1	1
Frete	1/9	1/7	1	1	1
Prazo	1/9	1/7	1	1	1
Soma	1,5333	6,4286	19,0000	19,0000	19,0000

Tabela 36: Teste de Consistência

λ máx	CI	RI	CR
5,2355	0,0589	1,1200	0,0526

O novo peso de cada critério, bem como o desempenho final dos fornecedores pode ser visto na Tabela 37.

Tabela 37: Desempenho final dos fornecedores

	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Resultado
Pesos	57,02%	27,83%	5,05%	5,05%	5,05%	
Fornecedor 1	42,66%	16,07%	70,00%	45,00%	45,00%	36,88%
Fornecedor 2	7,69%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	16,58%
Fornecedor 3	45,55%	3,55%	10,00%	45,00%	45,00%	32,01%
Fornecedor 4	4,10%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	14,53%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

3ª Simulação: Para esta simulação, todas as comparações forma alteradas, favorecendo principalmente a importância do critério Prazo. A matriz de comparação pareada e a análise de consistência podem ser visualizadas nas tabelas 38, 39 e 40.

Tabela 38: Variações de avaliação para Análise de Sensibilidade

Comparações	Valor original	Variações
Qualidade-Preço	1	1/5
Qualidade-Forma de PGTO	9	7
Qualidade-Frete	9	7
Qualidade-Prazo	9	1
Preço-Forma de PGTO	9	5
Preço-Frete	9	6
Preço-Prazo	9	1
Forma de PGTO-Frete	1	1
Forma de PGTO-Prazo	1	1/5
Frete-Prazo	5	1/5

Tabela 39: Matriz de comparação pareada dos Critérios

Critérios	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo
Qualidade	1	1/5	7	7	1
Preço	5	1	5	6	1
Forma de PGTO	1/7	1/5	1	1	1/5
Frete	1/7	1/6	1	1	1/5
Prazo	1	1	5	5	1
Soma	7,2857	2,5667	19,0000	20,0000	3,4000

Tabela 40: Teste de Consistência

λ máx	CI	RI	CR
5,4304	0,1076	1,1200	0,0961

Os pesos alterados para cada critério e o resultado do desempenho dos fornecedores a partir desta simulação são mostrados na Tabela 41.

Tabela 41: Desempenho final dos fornecedores

	Qualidade	Preço	Forma de PGTO	Frete	Prazo	Resultado
Pesos	24,55%	38,66%	5,18%	4,92%	26,68%	
Fornecedor 1	42,66%	16,07%	70,00%	45,00%	45,00%	34,54%
Fornecedor 2	7,69%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	19,52%
Fornecedor 3	45,55%	3,55%	10,00%	45,00%	45,00%	27,30%
Fornecedor 4	4,10%	40,19%	10,00%	5,00%	5,00%	18,64%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Ao finalizar as três simulações, pôde-se comparar, como mostra a Tabela 42, os pesos obtidos para cada critério em relação ao peso original. Na avaliação original, os critérios Qualidade e Preço estavam empatados, enquanto na primeira simulação o critério Preço teve maior destaque. Na segunda simulação, o critério Qualidade teve maior peso, seguido pelo Preço e os demais tiveram pesos baixos e iguais. Por fim, na terceira simulação, o maior peso foi do critério Preço, entretanto, o critério Prazo teve mais importância que o critério Qualidade.

Tabela 42: Comparação dos pesos obtidos por simulação

	Peso original	1ª Simulação	2ª Simulação	3ª Simulação
Qualidade	41,83%	32,44%	57,02%	24,55%
Preço	41,83%	49,77%	27,83%	38,56%
Forma de PGTO	4,65%	5,07%	5,05%	5,18%
Frete	7,85%	8,54%	5,05%	4,92%
Prazo	3,86%	4,19%	5,05%	26,68%

Sendo assim, o desempenho dos fornecedores, segundo a avaliação original e perante cada simulação, pode ser analisado na tabela a seguir.

Tabela 43: Comparação do desempenho dos fornecedores

	Desempenho original	1ª Simulação	2ª Simulação	3ª Simulação
Fornecedor 1	33,09%	31,11%	36,88%	34,54%
Fornecedor 2	21,07%	23,64%	16,58%	19,52%
Fornecedor 3	26,27%	22,78%	32,01%	27,30%
Fornecedor 4	19,57%	22,47%	14,53%	18,64%

Independentemente das simulações realizadas, o fornecedor 1 se manteve com o melhor desempenho, sugerindo robustez ao resultado encontrado.

Todos os tipos de Análise de Sensibilidade possíveis poderiam ser facilmente empregados para o problema em questão, entretanto, ressalta-se que não seria interessante realizar a Análise de Sensibilidade do tipo que realiza alterações dos julgamentos das alternativas para o caso dos critérios Frete e Prazo de Entrega, pois ambos possuíam apenas duas formas de desempenhos possíveis (CIF x FOB e imediata x 15 dias, respectivamente), sendo sempre uma delas avaliada com importância absoluta quando comparada a outra. Em entrevista, o representante do setor de compras, afirmou que dificilmente essa avaliação mudaria.

O mesmo aconteceu com o critério Forma de PGTO: havia dois tipos de desempenho (em 42/56/70 dias ou 28/45) e a não ser que haja mudança nos dias para pagamento, é pouco provável que haja mudança na avaliação do decisor que indicou importância muito grande de um tipo em comparação ao outro.

Considerações finais

Naturalmente, o presente trabalho sofre as limitações comuns a pesquisas que analisam um único caso. A partir de seu caráter exploratório, é possível desdobrar propostas para pesquisas futuras, entre as quais se destaca verificar se é apropriada a utilização do modelo AHP, realizando estudos similares em empresas de diferentes ramos de atividades.

Conclui-se, assim, no presente caso, pela viabilidade da utilização do AHP – associado a uma planilha eletrônica de fácil acesso, sem depender de nenhum software proprietário – não só como um método composto de passos bem definidos, que levam a uma tomada de decisão, mas principalmente como um modelo matemático, que propicia Simulações e Análise de Sensibilidade, fácil de aplicar em empresas de qualquer porte e capaz de propiciar ao decisor, mais do que verificar a robustez de sua decisão, aprender e aperfeiçoar seu processo decisório.

Referências

- ABREU, L. M. de; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. Escolha de um Programa de Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano: Aplicação do Método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.257-262, 2000. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2015.
- ALMEIDA, A. T. **O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão**. 2. ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2011. 234p.
- BAZERMAN, M. H.; MOORE, D. **Processo Decisório**. 7.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 319 p.
- CORAZZA, R. I.; FRACALANZA, P. S. Caminhos do pensamento neo-schumpeteriano: para além das analogias biológicas. **Nova Economia**, v. 14, n. 2, p. 127-155, Mai./Ago., 2004.

- GOLDMAN, F. L. **A Dinâmica da Criação do Conhecimento Organizacional**: um estudo sobre inovação no Sistema Eletrobrás. 2013. 243f. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- PACHECO, M. C. R. **Modelos multicriteriais de apoio à decisão**: o método AHP como auxílio à seleção de fornecedores em uma confecção. 2015. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário Serra dos Órgãos, Teresópolis. 2015.
- REIS, E. dos; LÖBLER, M. L. O Processo Decisório Descrito pelo Indivíduo e Representado nos Sistemas de Apoio à Decisão. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 397-417, Mai/Jun. 2012. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v16n3/v16n3a05.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2015.
- SAATY, T.L. How to make a decision : The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operations Research**, v. 48, n.1, p. 9-26, 1990.
- _____. Decision making with the analytic hierarchy process, **Int. J. Services Sciences**, v. 1, n. 1, p.83-98, 2008.
- SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 419p.