

# Análise da Inovação de Projetos Automotivos utilizando Método de Taguchi e Lógica *Fuzzy*

Flávio Y. Yukita<sup>1</sup>, Paloma M S. Rocha Rizo<sup>2</sup>, Marcela A. Guerreiro Machado<sup>1</sup>  
UNESP - Univ. Estadual Paulista, Dep. de Eng. Produção<sup>1</sup>, Dep. de Eng. Elétrica<sup>2</sup>, Campus  
de Guaratinguetá  
fyukita@gmail.com, paloma@feg.unesp.br, marcela@feg.unesp.br

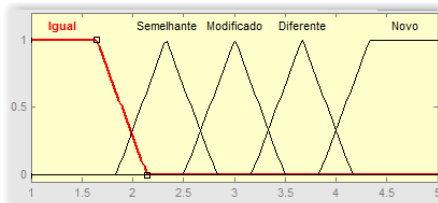
**Resumo:** A vantagem competitiva de uma organização pode ser atingida por meio de diversificadas e intrincadas estratégias nos mais diversos ramos de negócios. Reinventar-se buscando aquilo que seria mais “novo”, vem se mostrando ser uma das mais eficientes. Neste estudo buscou-se auxiliar a tomada de decisão em termos de inovação de produto especificamente no setor automobilístico, trazendo a análise de especialistas que trabalham no ramo, de forma a traduzí-la em um modelamento de inferência *fuzzy*. O sistema *fuzzy* elaborado mostrou-se muito satisfatório a esta realidade dos componentes automotivos, adequando-se em sistemas de aplicações bastante diversas, de componentes de chassis a eletrônicos. Analogamente às aplicações em outros estudos da literatura, em conjunto com as técnicas de Taguchi, os resultados trazem um importante subsídio na análise da inovação em fase de desenvolvimento de produtos, bem como na tomada de decisão por empresas deste setor.

**Palavras-Chaves:** Inovação, Lógica *fuzzy*, Taguchi, Sistemas Automotivos.

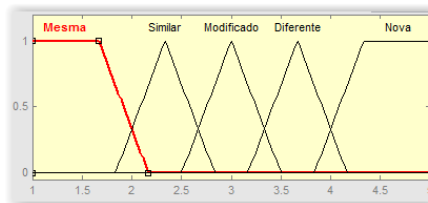
Nos mais diversos ramos da indústria e dos serviços, a crescente competitividade exige novas estratégias que possibilitem se diferenciar e se sustentar em seus respectivos ramos de negócios. Dentre as diversas e complexas iniciativas que as organizações costumam adotar, uma das que preponderantemente está presente é a questão da inovação [1]. Na literatura o conceito pode ser visto sob diferentes aspectos. A nível organizacional, além do par invenção mais exploração, estende-se também ao desenvolvimento e implementação da invenção [2]. Em termos de estrutura com base em dados, define-se inovação como implementação de um novo produto significativamente melhorado (produtos ou serviços) ou processo. No presente trabalho, delimitou-se a análise da inovação à desenvolvimento de produtos na indústria automobilística, cuja importância econômica do setor ainda é muito significativa com faturamento líquido que ultrapassam os oitenta e quatro milhões de dólares [3]. Existem diferentes formas e até “culturas” organizacionais para a operacionalização da inovação, porém um dos processos mais eficientes, adotados por diversas organizações para o desenvolvimento de novos produtos e de uma estratégia direcionada à criação de valor, com resultados finais voltados para o cliente final é o *Design for Six Sigma* ou simplesmente DFSS [4]. Em função da flexibilidade do uso do DFSS para atingir de objetivos específicos, como por exemplo, melhoria do desempenho de um produto, redução de problemas de garantia, entre outros, ele também pode ser conduzido em uma cadência lógica de forma a promover a criação estratégica, a inovação [5]. Para tanto, o DFSS é como um círculo, composto por diversas fases minuciosamente interligadas, cada qual composta por um conjunto de

ferramentas de análise e pesquisa disponibilizadas aos times que o conduzem. Em uma das principais fases do DFSS, que é a chamada fase de Otimização, comumente utiliza-se técnicas do professor Taguchi, as quais já trouxeram expressivos ganhos na escolha ou na definição dos melhores projetos de componentes automobilísticos. A utilização combinada das técnicas de Taguchi com a lógica *fuzzy* traz resultados ainda melhores em diversos tipos de aplicações, como em projetos de motores elétricos, decisão de especificação de parâmetros de processos, entre outras análises multi-objetivas. Este trabalho em si foi realizado em duas etapas principais, com instrumentos distintos até culminar nos modelos preditivos *fuzzy*. Este estudo apresenta um dos modelos *fuzzy*, que combinado ao método Taguchi, auxilia a análise e tomada de decisão referente à inovação no desenvolvimento de produtos na indústria automobilística, mais especificamente para avaliar a inovação referente ao “Nível de Diferenciação Técnica” ou simplesmente, “Nível de Modificação”. O modelo elaborado neste trabalho, foi baseado no método de Inferência Mamdani [6] e possui duas entradas, “Projeto e Especificação” e “Funcionalidade”. Ambas com cinco funções de pertinências triangulares, vinte e cinco regras (5 x 5), todas definidas por especialista na área de análise. A saída que define o “Nível de Modificação” com sete funções de pertinência do tipo triangular, conforme apresentado na Figura 1. Estes modelos lineares mostraram-se de maior simplicidade que as do tipo gaussianas ou mais complexas, mas ao mesmo tempo eficientes na tratativa destas variáveis linguísticas [7]. A figura 2 representa a superfície plotada considerando os três eixos, das duas entradas “Projeto e Especificação” e “Funcionalidade” e a saída “Nível de Modificação”.

1(a)



1(b)



1(c)

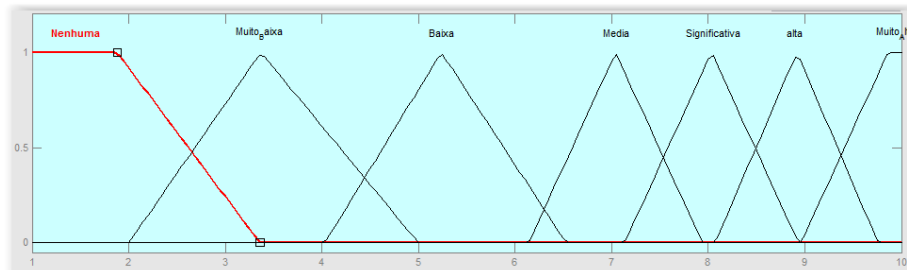


Fig. 1(a, b e c). Função de pertinência de “Projeto e Especificação”, “Funcionalidade” e saída “Nível de Modificação”.

O modelo foi validado, por meio de questionários aplicados a especialistas, utilizando estudos de caso de quatro sistemas veiculares: sistemas de direção, sistemas de freios, central multimídia e coluna de direção. Quanto ao tipo de assistência ao sistema de direção, a hidráulica e a elétrica permitem menor esforço e outros tipos de controles comparadas com a mecânica. Os freios tradicionais, por acionamento simples, comparado com o controlado por um módulo de ABS (do inglês, *Anti-lock Breaking System*) permite frenagens mais seguras. A patente da coluna de direção, em comparação com as tradicionais, teria componentes em plásticos e a nova central multimídia, agrega a opção de replicar a tela de um telefone celular. Estes questionários foram utilizados para determinar as entradas do modelo “Projeto e Especificação” e “Funcionalidade” para dois casos: a tradicional (base) e a nova. O modelo *fuzzy* foi utilizado para determinar a inovação quanto ao “Nível de Modificação” de um novo produto.

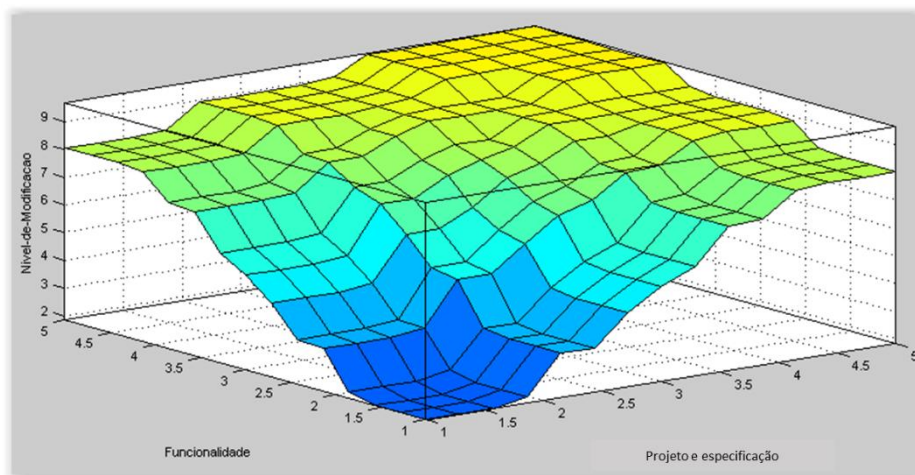


Fig. 2. Superfície gerada através do Matlab R2010a (versão 7.10)

TABELA I. Sistemas veiculares e valores

Sistema veicular	Versão	Projeto e especificação	Funcionalidade	Nível de diferenciação técnica	Fuzzy
Direção Mecânica	Base	2.83	1.00	2.00	3.99
Direção Hidráulica	Nova	3.17	2.33	6.00	5.52
Direção Elétrica	Nova	3.50	4.00	10.00	8.85
Freio Normal	Base	2.83	2.67	7.00	6.26
Freio com ABS	Nova	4.00	4.33	10.00	9.59
Central Multimídia	Base	2.33	2.00	5.00	3.21
Central Multimídia para celular	Nova	2.83	4.33	9.00	8.50
Coluna de Direção Tradicional	Base	1.17	1.00	3.00	1.32
Coluna de Direção Plástica	Nova	3.83	1.33	7.00	5.50

Os especialistas dos respectivos sistemas automotivos, também deram notas gerais do “Nível de Modificação” (coluna “Nível de diferenciação técnica” da tabela 1),

baseados nas questões relacionadas ao “Projeto e Especificação” e “Funcionalidade”, cujos valores variavam entre 1 e 10. Conforme a quantidade de casos para validação foram aumentando, utilizou-se a rotina “*ddeinit*” no programa computacional Matlab R2010a, versão 7.10, para aferir os valores de saída do sistema *fuzzy* (na tabela 1 coluna denominado como “*Fuzzy*”). Inicialmente, para analisar as diferenças entre os valores dados pelos especialistas e de saída *fuzzy*, foram calculadas as diferenças simples, cujo maior valor encontrado foi do caso da central multimídia, diferença de 1,8. Parte desta diferença pode ser explicada pelo fato do especialista ainda considerar a central multimídia relativamente nova, mesmo não realizando a função de espelhamento da tela do celular. Considerando todos os casos utilizados nesta validação do modelo e não observando uma distribuição estatística paramétrica, foi escolhido o coeficiente de correlação de *Spearman* cujo valor calculado foi de 0,92. Outras distinções fornecidas pelo modelo também se mostraram satisfatórios, como o caso da coluna de direção e dos freios. No primeiro caso, como a função da coluna seria a mesma, a inovação estaria mais ligada à esfera do “Projeto e Especificação” (Tabela 1), neste caso o modelo *fuzzy* apresentou como resultado nenhuma modificação para o modelo tradicional e para a patente (em plástico) apresentou o nível de modificação um pouco maior, pois não houve uma grande diferenciação da funcionalidade. Da mesma forma, percebe-se a consistência nos resultados do sistema de freio normal para o sistema com ABS. Tanto construtivamente, ou seja, em termos de “Projeto e Especificação” como em termos de função, “Funcionalidade”, a versão que agrega o ABS apresentou valores maiores, bem como o resultado final “Nível de Modificação”. Neste último, tanto as notas dos especialistas quanto do sistema *fuzzy* foram muito semelhantes e coerentes, caso a tecnologia estivesse ainda para ser lançada. Exemplos já existentes e consagrados do setor automobilístico nos permitem facilmente confirmar esta distinção. Como resultado final, as conclusões e modelagem fornecidas neste estudo podem ser utilizadas para auxiliar o processo de tomada de decisão pelos gestores da indústria automobilística, com base em diversos fatores relacionados aos diferentes graus de inovação advindos dos conceitos e propostas inerentes ao desenvolvimento de novos produtos.

## Referências

- [1] W. Zhao; X. Li; Y. Zheng; R. Wang; C. Wang, *Innovative Product Design Based on Comprehensive Customer Requirements of Different Cognitive Levels*, The Scientific World Journal, Article ID 627093, 2014.
- [2] L. D. Radu, *Investments in Technological Innovations: A Literature Review of Organization Determinants*, European Scientific Journal, SPECIAL edition vol.1, 2015.
- [3] Anfavea – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*, 2016.
- [4] Y. Ting et al., *An innovative DFSS approach for multivariate production process*, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2014.
- [5] J. A. Feo; Z. Bar-El, *Creating strategic change more efficiently with a new Design for Six Sigma process*, Journal of Change Management, Vol. 3, 1, 60–80, 2002.
- [6] D. Driankov; H. Hellendoorn; M. Reinfrank, *An Introduction to Fuzzy Control*, second edition, Springer, pg. 93-97 and 131-144, 1996.
- [7] G. S. Liang; M. J. J. Wang, *Evaluating Human Reliability Using Fuzzy Relation*, Microelectronic Reliability, vol. 33, 1993.