

## Aplicação de sistema especialista nebuloso para a avaliação de pesquisa de satisfação de clientes de uma indústria automotiva

Dimas Campos de Aguiar

[dimas\\_c@hotmail.com](mailto:dimas_c@hotmail.com)

Valério Antônio Pamplona Salomon

[salomon@feg.unesp.br](mailto:salomon@feg.unesp.br)

FEG – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

UNESP – Universidade Estadual Paulista

### RESUMO

*Este trabalho aborda a medição dos resultados de uma pesquisa de satisfação de clientes numa indústria de autopeças localizada no Vale do Paraíba. Esta pesquisa foi realizada com cinco montadoras que fazem parte do quadro de clientes dessa organização, e possui três focos de concentração: Qualidade; Logística e Comercial. A análise dos resultados foi feita com a aplicação do sistema especialista nebuloso por meio da modelagem de sistemas especialistas com a teoria dos conjuntos fuzzy ou nebulosos*

**.PALAVRA-CHAVE:** *Conjuntos nebulosos, Satisfação de Clientes.*

### ***Fuzzy specialist system application to the evaluation of a customer satisfaction research in an industry of vehicle parts***

### ABSTRACT

*This work approaches the results measurement of a customer satisfaction research in an industry of vehicle parts located at Vale do Paraíba. This research was carried through in five assembly plants that are customers of this organization, with three concentration departments: Quality; Logistic and Commercial. The analysis of the results was made with the application of the specialist system diffuse through the modeling of specialist systems with fuzzy sets.*

**KEY WORDS:** *Fuzzy Sets, Customer satisfaction.*

## I. INTRODUÇÃO

Em mercados cada vez mais dinâmicos, é fundamental que as empresas utilizem medidas de desempenho que permitam avaliar como está sua situação, e a partir dessa, reavaliar suas ações, garantindo desta forma o foco no cliente (VILAS BOAS et al., 2003).

A NBR ISO 9000:2000 define que, como uma das medições do desempenho do sistema de gestão da qualidade, a organização deve monitorar informações relativas à percepção do cliente sobre se a organização atendeu aos requisitos do cliente. Os métodos para obtenção e uso dessas informações devem ser determinados.

Pode existir uma diferença importante entre aquilo que a empresa acredita que o cliente deseja e aquilo que ele realmente quer, ou seja, entre o valor concebido pelo fornecedor e o valor desejado ou recebido pelo cliente, sem que este exprima necessariamente sua insatisfação. Conforme colocado por Vilas Boas et al. (2003), a satisfação do cliente está relacionada a uma lacuna entre o que o cliente espera e o que ele efetivamente recebe. Dessa forma, de acordo com Pimenta (2002), a satisfação passou a ser entendida como a diferença entre a expectativa do cliente e sua percepção ao serviço oferecido, assim nem sempre o que é medido pelo fornecedor é o que o cliente realmente sente.

Este trabalho tem como foco a visão do cliente sobre essa lacuna identificada, de forma a avaliar o grau de satisfação de cinco montadoras que fazem parte do quadro de clientes de uma indústria do setor automotivo localizada no Vale do Paraíba. Para tanto, foi realizada junto a esses clientes uma pesquisa concentrada nos aspectos de Qualidade, Logística e Comercial. A análise dos resultados foi feita com a aplicação do sistema especialista nebuloso por meio da modelagem de sistemas especialistas com conjuntos *fuzzy* ou nebulosos.

## II. PESQUISA DE SATISFAÇÃO

Antes de se demonstrarem os detalhes das pesquisas realizadas, é importante tecer alguns comentários sobre a população ou universo considerado na pesquisa. Conforme afirmam Pacheco e Pereira (2003), o universo é o agregado de todos os casos que se enquadram num conjunto de especificações

previamente estabelecidas. Ao se definir um universo é preciso que se leve em consideração também o elemento de pesquisa, ou seja, a unidade sobre a qual se procura obter os dados, a unidade amostral e o período de tempo. No caso da pesquisa utilizada neste trabalho foram caracterizados:

- Elemento de Pesquisa: Grau de satisfação de clientes.
- Unidade Amostral: Cinco montadoras que fazem parte do quadro de clientes de uma indústria do setor automotivo localizada no Vale do Paraíba.
- Período de tempo: Dados referentes ao período de março a maio de 2006.

Entre os aspectos investigados, têm-se quinze tópicos divididos em três categorias: Qualidade, Logística e Comercial. Trata-se de aspectos ligados tanto ao produto quanto aos serviços prestados. Para Pacheco e Pereira (2003), é importante ressaltar que o serviço, pelo fato de lidar direta ou indiretamente com o ser humano, fazendo-o participar das etapas do processo, torna-se bastante imprevisível, sendo difícil o estabelecimento de normas gerenciais. É diferente do processo de produção de bens, efetivado por uma rotina que, mesmo com a participação do homem, pode ser planejada, acompanhada, supervisionada e avaliada. A pesquisa em questão leva em consideração produtos fornecidos e serviços prestados dentro dos três aspectos definidos.

## 2.1 ASPECTO QUALIDADE

Segundo Prazeres (1996, p.338), a qualidade da organização é o resultado do nível de cumprimento da sua missão principal, da qualidade dos processos, produtos e serviços, do perfil de motivação de seus membros e do grau de satisfação de seus clientes. A qualidade de uma organização pode ser medida por meio da integração eficaz das operações e atividades que compõem um determinado processo. Dessa maneira, para a avaliação do aspecto Qualidade, foram considerados os seguintes aspectos:

- **Atendimento às reclamações e assistência técnica** - Avaliação da rápida disposição dada ao problema informado e acompanhamento da performance dos produtos fornecidos pela empresa, realimentando o ciclo de comercialização e estabelecendo um canal interno de voz do cliente.
- **Eficiência na solução de problemas** - Atendidas prontamente as reclamações e promovidas ações corretivas robustas, atua-se para estabelecer abrangência para outros produtos e processos igualmente vulneráveis.
- **Desempenho** - Avaliações dos indicadores relacionados ao fornecimento de produtos defeituosos, organização / limpeza, custos não qualidade, reclamações, volumes e tempo de fabricação.
- **Ações corretivas** - Atuação da organização promovendo ações que não mais permitam a ocorrência de problemas e/ou falhas ocorridas dentro da planta do cliente.
- **Ações de reparo / Retrabalho** - Capacidade de reação no atendimento dentro da própria planta do cliente, ou internamente na empresa, para resgate das condições técnicas comercialmente acordadas.

## 2.2 ASPECTO LOGÍSTICO

A logística é tida como um conjunto de sistemas aplicados a uma determinada lógica. Para Prazeres (1996, p. 243), a logística aborda um conjunto de atividades operacionais e administrativas que se resumem em fornecer o produto certo, na hora certa, no local certo e a um preço adequado. Para o aspecto Logístico, foram consideradas as cinco situações a seguir:

- **Flexibilidade** - Capacidade em atender a mudanças sazonais, eventuais e/ou sistêmicas, relacionadas às programações de produção, prazos de entrega e volumes comercializados.
- **Atendimento à programação** - Fornecer produtos somente dentro de uma grade de programação de recebimento estipulado pelo cliente. Estar apto a entregar produtos dentro dos prazos acordados. (Não antes, e nem depois).
- **Atendimento à reprogramação** - Capacidade de adequação instantânea no atendimento de mudanças relacionadas às reprogramações de produção, prazos de entrega e volumes comercializados.
- **Embalagem** - Praticar e utilizar embalagens que assegurem a manutenção da integridade física dos produtos, mas que também atendam às especificações técnicas e legais.
- **Qualidade no transporte** - Asseguramento da qualidade logística e integridade de produtos, relacionada aos meios de transportes utilizados e comercialmente discutidos.

### 2.3 ASPECTO COMERCIAL

O setor comercial é tido como a voz do cliente dentro de cada organização. Prazeres (1996, p. 419) define essa expressão como as necessidades e as providências que devem ser adotadas por uma organização para conhecer as exigências e as expectativas implícitas e explícitas do cliente. Dentro do aspecto Comercial foram analisados cinco fatores conforme abaixo relacionados:

- **Desenvolvimento novo / amostras / prazo** - Capacidade de resposta, agilidade e excelência no atendimento de desenvolvimento de amostras incluindo a documentação para aprovação do processo por parte do cliente.
- **Flexibilidade** - Implementar meios e recursos que permitam de maneira ágil, negociações de preços suportadas por referências (benchmarking) comerciais, industriais e técnicos.
- **Agilidade / pontualidade nas respostas** - Atender 100% dentro dos prazos às solicitações comerciais feitas pelas partes interessadas, assegurando que todas as variáveis foram analisadas.
- **Eficiência no canal de comunicação** - Estabelecimento claro dos responsáveis internos pela "voz do cliente", bem como acompanhamentos do grau de eficácia do canal de comunicação estabelecido.
- **Atendimento de reposição** - Estar apto a repor, dentro dos prazos e expectativas estabelecidos, todas as solicitações formais dos clientes da empresa.

### III. SISTEMAS ESPECIALISTAS NEBULOSOS

A metodologia de Auxílio à Decisão é composta de diferentes métodos que possibilitam uma melhor análise de critérios, variáveis e fatores para tomada de decisão nas organizações e que envolvam análise de diferentes alternativas, com o objetivo de se escolher aquela que melhor se adequará aos requisitos propostos. Conforme define Sellitto (2002), sistemas especialistas são sistemas computacionais que resolvem problemas de forma similar ao modo como um especialista humano os resolveria, possuindo capacidade de decisão em campos específicos do conhecimento. Segundo Shimizu (2001, p. 308), as operações com conjuntos nebulosos (ou lógica *fuzzy*) estão sendo cada vez mais utilizadas em sistemas especialistas, a fim de completar, expressar ou operar com maior naturalidade as regras de conhecimento existentes em banco de dados de especialistas. A teoria de conjuntos *fuzzy* tem sido empregada com sucesso para exprimir o conhecimento impreciso e resolver problemas em muitas áreas em que o modelamento convencional é difícil ou ineficiente. A possibilidade de descrição lingüística do modelo, em vez de equações diferenciais, possibilita o aproveitamento do conhecimento heurístico dos envolvidos e facilita o desenvolvimento de soluções.

A lógica *fuzzy* assinala diferentes graus de pertinência a conjuntos adjacentes, de acordo com o grau de superação da sua condição. A transição para a pertinência ao conjunto é gradual, podendo uma situação intermediária pertencer aos dois conjuntos, de modo difuso (SELLITTO, 2002). Segundo Shimizu (2001), um conjunto, A, é denominado nebuloso se cada elemento  $x \in A$  for caracterizado por uma Função de Pertinência,  $\mu(x)$ , cujo valor indica o grau de pertinência, ou possibilidade de ocorrência, desse elemento no conjunto.

Conforme definem Pacheco e Pereira (2003, p. 303), a necessidade de maior prioridade é a qualidade. Em seguida, vem o equivalente à segurança que são a entrega correta e a política de preços. Seguem-se fatores como a capacidade para escutar, a flexibilidade, a continuidade e o tempo de resposta, que são equivalentes às necessidades de participação. Mais abaixo da relação de prioridades, encontram-se temas como capacitação e supervisão do produto, que seriam equivalentes à estima, no sentido de que o fornecedor deve tomar iniciativas que beneficiem ao cliente. Para o caso abordado neste trabalho, será adotada a prioridade de acordo com a política de gestão da empresa na qual foi realizada a pesquisa. Para tanto, a prioridade é estabelecida na seguinte ordem: Qualidade; Logística e Comercial. Essa hierarquia se estende para os subfatores de cada categoria.

Seguindo essa linha de raciocínio, foram adotados três diferentes níveis de aceitação para cada um dos aspectos analisados. Para a Qualidade, foi adotado um nível mais rigoroso, para a Logística, um nível moderado e para o Comercial, um nível menos rigoroso. Além disso, para cada um dos três aspectos foram definidos três graus de pertinência relativos à satisfação dos clientes (baixa, média e alta) com uma abordagem auxiliada pelos conceitos de Conjunto Nebuloso Triangular (TFS, Triangle Fuzzy Set). O gráfico da Figura 1 apresenta os graus de pertinência da satisfação do cliente relativos ao aspecto Qualidade como sendo: Baixa (0;0;7); Média (5;7;9) e Alta (7;10;10).

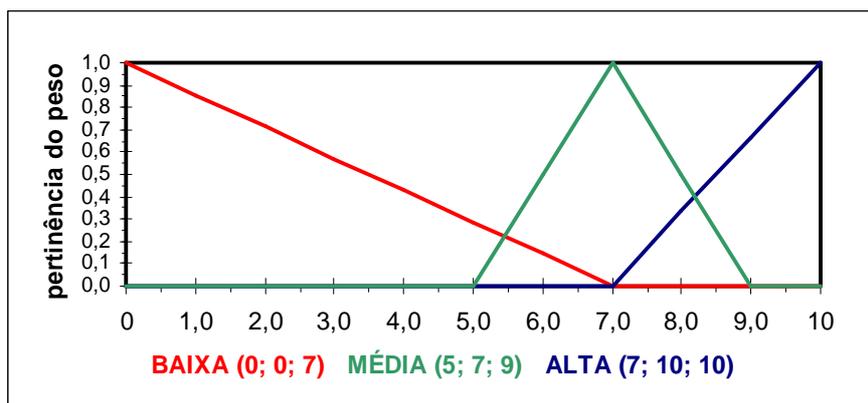


Figura 1- Gráfico da função de pertinência difusa para o aspecto Qualidade.

O gráfico da Figura 2 apresenta os graus de pertinência da satisfação do cliente relativos ao aspecto Logístico como sendo: Baixa (0;0;6); Média (4;6;8) e Alta (6;10;10).

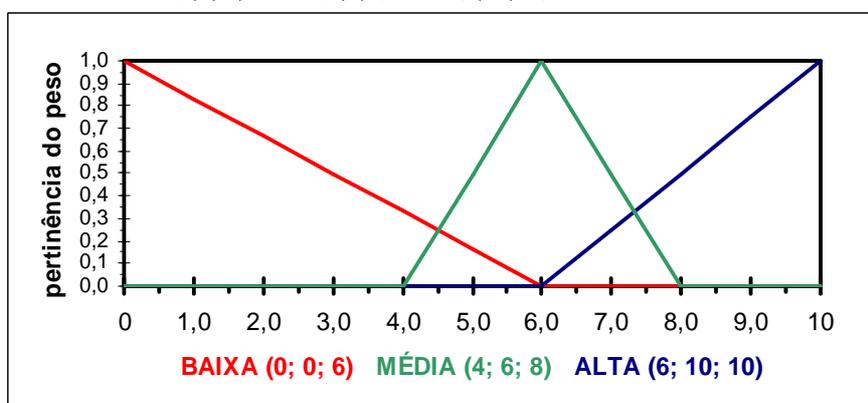


Figura 2 - Gráfico da função de pertinência difusa para o aspecto Logístico.

O gráfico da Figura 3 apresenta os graus de pertinência da satisfação do cliente relativos ao aspecto Comercial como sendo: Baixa (0;0;5); Média (3;5;7) e Alta (5;10;10).

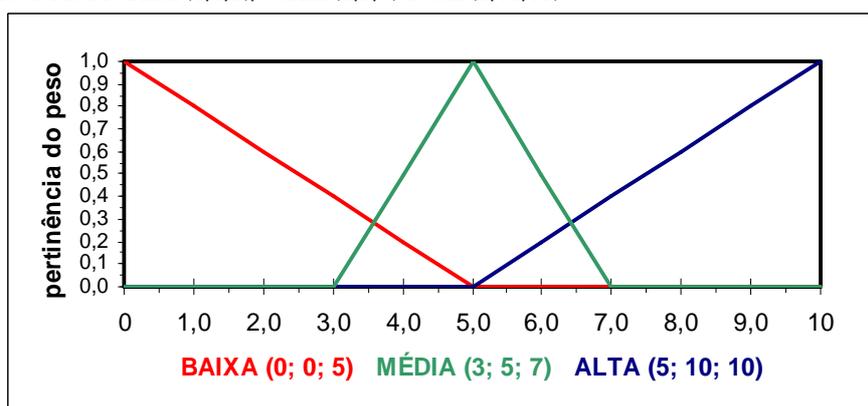


Figura 3 - Gráfico da função de pertinência difusa para o aspecto Comercial.

Para se controlar adequadamente um processo, é preciso codificar o conhecimento sobre ele na forma de regras "se *antecedente*, então *conseqüente*". De acordo com Shimizu (2001, p. 306) essas regras são selecionadas para resolver um problema por meio de algoritmos que formam o mecanismo de inferência.

Com a definição dos termos primários e os graus de pertinência dos conjuntos difusos que representam cada termo, pode-se determinar essas regras que formam o algoritmo de controle. A regra é tida como uma unidade capaz de capturar um conjunto específico, sendo que um conjunto de regras é capaz de descrever um sistema em suas várias possibilidades. Cada regra é composta por uma parte antecedente (a

parte SE) e uma parte conseqüente (a parte ENTÃO), resultando em uma estrutura do tipo: Se “antecedentes”, Então “conseqüentes”. Todas as circunstâncias são consideradas ao mesmo tempo, e ao final, obtém-se uma resposta que pode ser tanto um valor numérico clássico, quanto um conjunto *fuzzy*.

O número de regras é obtido de acordo com a quantidade de aspectos analisados e o número de graus de pertinência adotados em cada aspecto. Essas regras nada mais são do que todas as possíveis combinações entre os graus de pertinência dos três aspectos em questão. Assim, no caso em estudo, têm-se três aspectos (Qualidade, Logística e Comercial) associados a três graus de pertinência em cada aspecto, o que resulta em um algoritmo de controle formado por vinte e sete regras conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Regras de combinações dos graus de pertinência

REGRAS	QUALIDADE	LOGÍSTICA	COMERCIAL	Insatisf.	Satisf.
1	BAIXA	BAIXA	BAIXA	X	
2	MÉDIA	BAIXA	BAIXA	X	
3	ALTA	BAIXA	BAIXA	X	
4	BAIXA	MÉDIA	BAIXA	X	
5	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	X	
6	ALTA	MÉDIA	BAIXA	X	
7	BAIXA	ALTA	BAIXA	X	
8	MÉDIA	ALTA	BAIXA	X	
9	ALTA	ALTA	BAIXA	X	
10	BAIXA	BAIXA	MÉDIA	X	
11	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	X	
12	ALTA	BAIXA	MÉDIA	X	
13	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	X	
14	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA		X
15	ALTA	MÉDIA	MÉDIA		X
16	BAIXA	ALTA	MÉDIA	X	
17	MÉDIA	ALTA	MÉDIA		X
18	ALTA	ALTA	MÉDIA		X
19	BAIXA	BAIXA	ALTA	X	
20	MÉDIA	BAIXA	ALTA	X	
21	ALTA	BAIXA	ALTA	X	
22	BAIXA	MÉDIA	ALTA	X	
23	MÉDIA	MÉDIA	ALTA		X
24	ALTA	MÉDIA	ALTA		X
25	BAIXA	ALTA	ALTA	X	
26	MÉDIA	ALTA	ALTA		X
27	ALTA	ALTA	ALTA		X

#### IV. APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos na avaliação dos cinco clientes nos aspectos Qualidade, Logística e Comercial, em suas respectivas subcategorias anteriormente descritas. Também é apresentado um valor médio para referência nas considerações finais.

**Tabela 2** – Resultado da avaliação dos fornecedores.

ASPECTO	Cliente 01	Cliente 02	Cliente 03	Cliente 04	Cliente 05
QUALIDADE	5,60	6,40	7,60	7,20	6,40
LOGÍSTICA	6,40	8,00	6,80	5,20	6,40
COMERCIAL	5,60	6,00	7,20	5,60	5,60
(média)	0,47	0,62	0,74	0,79	0,65

A modelagem *fuzzy* considera o modo como a falta de exatidão e a incerteza são descritas e, fazendo isso, tornam-se suficientemente poderosas para manipular de maneira conveniente o conhecimento. O grau de participação de uma determinada grandeza de entrada é dado em função dos termos primários definidos para o universo de discurso de entrada. Os termos formais simples tais como trapézios e triângulos

limitam o grau de participação. O número de termos primários a serem utilizados depende da precisão requerida, tipo de resposta e estabilidade do sistema. Com o estabelecimento das regras e dos graus de pertinência em cada um dos aspectos, pode-se aplicar a lógica *fuzzy* tendo como dados de entrada os valores pontuados a cada cliente em cada um dos aspectos da pesquisa de satisfação. Assim, cada nota atribuída na pesquisa de satisfação é lançada no gráfico da função de pertinência difusa para cada aspecto, ou seja, têm-se um a análise gráfica para cada aspecto de cada cliente analisado, obtendo-se a pertinência do peso para cada grau de satisfação em que a nota se relaciona. Na análise do aspecto Qualidade, em que o valor da nota da pesquisa foi 5,60 na visão do Cliente 1, o gráfico da Figura 4 aponta a pertinência do peso " $\mu$ " para a satisfação baixa como sendo 0,20 e para a satisfação média tem-se o valor igual a 0,30, conforme a interceptação da nota 5,60 em cada curva correspondente.

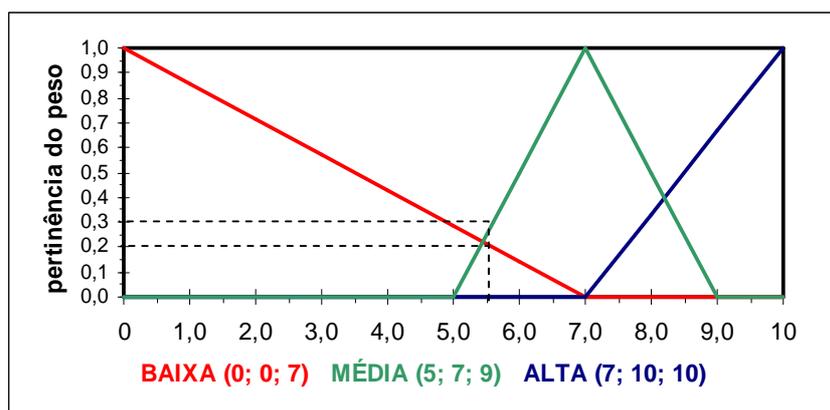


Figura 4 – Avaliação gráfica do aspecto Qualidade para o Cliente 1.

Para o aspecto Logística, ainda referente ao Cliente 1, a nota 6,40 resulta também numa situação intermediária pertencente a dois conjuntos de modo difuso que são de alta satisfação e de média satisfação com os valores de " $\mu$ " igual a 0,10 e 0,80 respectivamente. A Figura 5 demonstra a avaliação gráfica do aspecto Logística para o Cliente 1.

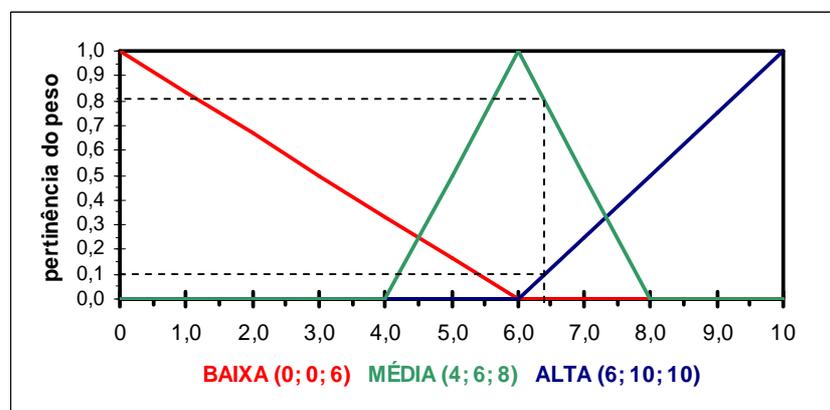


Figura 5 – Avaliação gráfica do aspecto Logística para o Cliente 1.

A mesma abordagem é dada para a nota 5,60 que foi atribuída pelo Cliente 1 para o aspecto Comercial. Nesse caso também têm-se duas situações de atuação, a média e a alta satisfação, com a pertinência do peso " $\mu$ " igual a 0,12 para a alta 0,70 para a média satisfação. A Figura 6 apresenta a avaliação gráfica do aspecto Comercial para o Cliente 1.

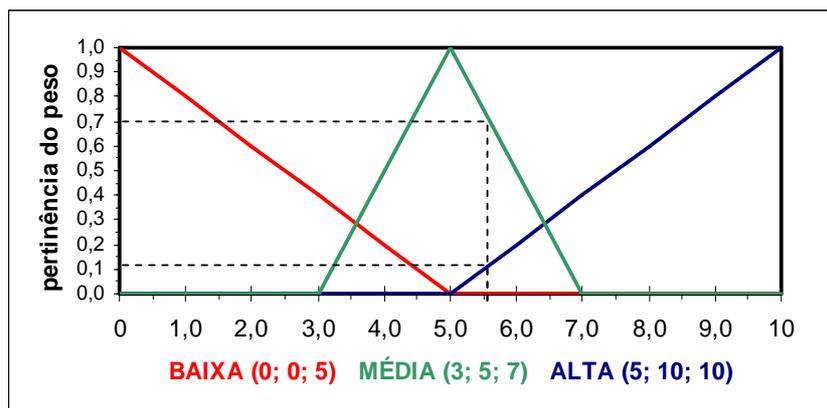


Figura 6 – Avaliação gráfica do aspecto Comercial para o Cliente 1.

Com a definição das pertinências do peso atuantes em cada grau de satisfação de cada aspecto, pode-se chegar a um resultado composto pela união desses conjuntos. Para cada regra, é verificado o menor valor atuante entre as pertinências dos pesos e assim define-se o valor de decisão “ $\alpha$ -cut” conforme dado pela Equação 1:

$$\alpha\text{-cut} = \text{mínimo} (\mu_1 ; \mu_2 ; \mu_3)$$

Como no caso do Cliente 1, têm-se duas situações para cada aspecto, a união dos conjuntos é formada por seis das vinte e sete regras definidas anteriormente. Para cada combinação é obtido um valor para “ $\alpha$ -cut”, estando este associado a uma resposta positiva ou negativa, ou seja, cliente satisfeito ou insatisfeito conforme cada regra. A Tabela 3 demonstra esses valores para o caso do Cliente 1.

 Tabela 3 – Regras e valores de decisão ( $\alpha$ -cut) para o Cliente 1

REGRAS	QUALIDADE	LOGÍSTICA	COMERCIAL	$\alpha$ -cut (ins.)	$\alpha$ -cut (sat.)
13	0,20	0,80	0,70	0,20	
14	0,30	0,80	0,70		0,30
16	0,20	0,10	0,70	0,10	
17	0,30	0,10	0,70		0,10
22	0,20	0,80	0,12	0,12	
23	0,30	0,80	0,12		0,12
25	0,20	0,10	0,12	0,10	
26	0,30	0,10	0,12		0,10

Essa mesma abordagem gráfica foi dada para os Clientes 2, 3, 4 e 5. Em cada caso foram obtidas as pertinências dos pesos referentes a cada grau de satisfação cabível a cada nota em cada aspecto de avaliação. Os dados de cada cliente se encaixam em um perfil distinto dentro das regras de combinações e, conseqüentemente, com apontamento de valores de decisão específicos em cada caso. As Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam esses valores para os Clientes 2, 3, 4 e 5 respectivamente. Pode ser observado que para os Clientes 2 e 3 são aplicadas apenas quatro regras. No caso do Cliente 2, a nota 8,00 obtida com o aspecto Logística corresponde apenas à faixa de alta satisfação do cliente com valor de “ $\mu$ ” igual a 0,50, sendo que o valor para a média satisfação é nulo. O mesmo ocorre com o aspecto Comercial para o Cliente 3, em que a nota 7,20 corresponde apenas a uma faixa de satisfação, que é a de alta satisfação com a pertinência do peso “ $\mu$ ” igual a 0,44.

 Tabela 4 – Regras e valores de decisão ( $\alpha$ -cut) para o Cliente 2.

REGRAS	QUALIDADE	LOGÍSTICA	COMERCIAL	$\alpha$ -cut (ins.)	$\alpha$ -cut (sat.)
16	0,09	0,50	0,50	0,09	
17	0,70	0,50	0,50		0,50
25	0,09	0,50	0,20	0,09	
26	0,20	0,50	0,20		0,20

 Tabela 5 – Regras e valores de decisão ( $\alpha$ -cut) para o Cliente 3.

REGRAS	QUALIDADE	LOGÍSTICA	COMERCIAL	$\alpha$ -cut (ins.)	$\alpha$ -cut (sat.)
23	0,70	0,60	0,44		0,44
24	0,20	0,60	0,44		0,20
26	0,70	0,20	0,44		0,20
27	0,20	0,20	0,44		0,20

**Tabela 6** – Regras e valores de decisão ( $\alpha$ -cut) para o Cliente 4.

REGRAS	QUALIDADE	LOGÍSTICA	COMERCIAL	$\alpha$ -cut (ins.)	$\alpha$ -cut (sat.)
11	0,90	0,13	0,70	0,13	
12	0,07	0,13	0,70	0,13	
14	0,90	0,60	0,70		0,60
15	0,07	0,60	0,70		0,07
20	0,90	0,13	0,12	0,12	
21	0,07	0,13	0,12	0,07	
23	0,90	0,60	0,12		0,12
24	0,07	0,60	0,12		0,07

**Tabela 7** – Regras e valores de decisão ( $\alpha$ -cut) para o Cliente 5.

REGRAS	QUALIDADE	LOGÍSTICA	COMERCIAL	$\alpha$ -cut (ins.)	$\alpha$ -cut (sat.)
13	0,09	0,80	0,70	0,09	
14	0,70	0,80	0,70		0,70
16	0,09	0,10	0,70	0,09	
17	0,70	0,10	0,70		0,10
22	0,09	0,80	0,12	0,09	
23	0,70	0,80	0,12		0,12
25	0,09	0,10	0,12	0,09	
26	0,70	0,10	0,12		0,10

## V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para interpretar a distribuição das possibilidades da saída de um modelo lingüístico *fuzzy* de forma quantitativa, usa-se o procedimento de desfuzificação, a partir do qual é fornecido um valor numérico representativo que captura o significado essencial dessa distribuição de possibilidades. No estágio do desfuzificador, a variável difusa produzida na fuzificação é transformada em variável numérica (determinística) que atuará no processo de forma a regulá-lo.

A técnica de desfuzificação a ser utilizada neste trabalho é a do baricentro, em que se calcula a área da curva da variável lingüística de saída produzida pela máquina de inferência e acha-se o índice correspondente que divide essa área pela metade conforme a Equação 2:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n \mu \cdot A(x_i) \cdot x_i}{\sum_{x=1}^n \mu \cdot A(x_i)} \quad (2)$$

Em que “n” é o número de níveis de quantização, “ $\mu$ ” é o centro da função de pertinência individual e “ $A(x)$ ” é a área de uma função de pertinência modificada pelo resultado de inferência fuzzy (valores não nulos).

O gráfico da Figura 7 indica a regra adotada como critério de aceitação do grau de satisfação do cliente, sendo insatisfeito para uma pontuação menor que 50% e, satisfeito se maior que 50 %.

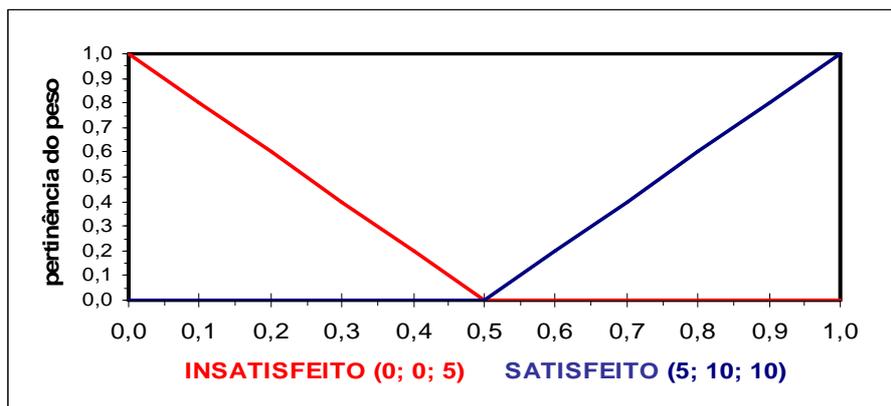


Figura 7 – Gráfico do critério de aceitação para a satisfação dos clientes.

Na desfuzificação serão considerados apenas os maiores valores obtidos para cada uma das variáveis resposta ( $\alpha$ -cut Sat. /  $\alpha$ -cut Ins.) conforme definido na Tabela 8.

Tabela 8 – Maiores valores das variáveis resposta para cada Cliente

CONDIÇÃO	$\alpha$ -cut (ins.)	$\alpha$ -cut (sat.)
Cliente 1	0,20	0,30
Cliente 2	0,09	0,50
Cliente 3	-	0,44
Cliente 4	0,13	0,60
Cliente 5	0,09	0,70

Com base nos valores escalares da Figura 7, descobre-se quais termos lingüísticos são selecionados. Para a obtenção do valor da área foram utilizados cálculos simples de áreas de retângulos, triângulos e trapézios, o que reduz muito o custo computacional do sistema. Esse valor é calculado sobre a figura formada, levando-se em conta o grau de pertinência que vai definir a altura da figura. No caso da avaliação do Cliente 1, a pertinência do peso para a condição “satisfeito” ( $\alpha$ -cut Sat.) de 0,30 resulta na figura geométrica à direita do gráfico da Figura 8. Já a pertinência do peso para a condição “insatisfeito” ( $\alpha$ -cut Ins.) de 0,20 resulta na figura geométrica à esquerda do mesmo gráfico.

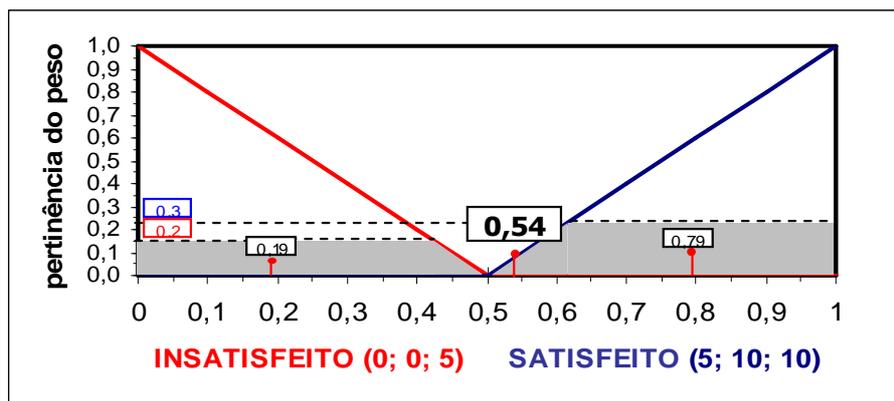


Figura 8 – Esquematização gráfica da desfuzificação para o Cliente 1

O valor final de 0,54 resulta da média dos valores 0,19 e 0,79 referentes à coordenada em X do ponto do baricentro dos trapézios da condição de “insatisfeito” e da condição de “satisfeito” respectivamente. Essa foi a pontuação final para o grau de satisfação do Cliente 1. Para os Clientes 2, 3, 4 e 5, pode se adotar o mesmo procedimento de desfuzificação e, assim, obtém-se a Tabela 9 que apresenta os resultados finais após a aplicação da metodologia *fuzzy*.

**Tabela 9** – Pontuação final para cada cliente.

Caso	Nota final
Cliente 1	0,54
Cliente 2	0,70
Cliente 3	0,80
Cliente 4	0,68
Cliente 5	0,73

## VI. CONCLUSÕES

O presente artigo apresenta um tipo de abordagem para problemas de auxílio à decisão com o emprego de conjuntos fuzzy, onde os dados de entrada foram definidos a partir da coleta da pontuação obtida na pesquisa de satisfação de clientes associados aos parâmetros da fuzificação, das regras estabelecidas e ainda dos parâmetros de desfuzificação.

Com a parametrização apresentada, mesmo com uma diferença de 0,26 pontos entre o cliente de maior pontuação e o de menor pontuação, em todos os casos a resposta final foi dentro de uma condição de satisfação para os clientes analisados, já que todas as notas ficaram acima de 0,50.

De certa forma, pode-se identificar que, mesmo estando todos dentro do grau de satisfação, existem clientes mais satisfeitos do que outros. Mesmo não existindo uma diferenciação entre as saídas deste estudo (clientes satisfeitos e clientes insatisfeitos), a teoria de conjuntos *fuzzy* apresenta uma flexibilidade que permite a realização de alguns ajustes, já que se trata de um estudo inicial para o cenário apresentado. Esses ajustes têm foco na parametrização e podem ser aplicados tanto nas regras, como na fuzificação ou na desfuzificação.

Uma análise de sensibilidade pode ser realizada se, por exemplo, a parametrização da desfuzificação for definida com o ponto de corte como sendo 0,60 no lugar de 0,50 os resultados seriam outros, já que a base de cálculos para o método do baricentro seria alterada. A Tabela 10 apresenta os resultados dos estudos para esta parametrização, em que se têm dois clientes no nível insatisfeito e três, no nível satisfeito.

**Tabela 10** – Pontuação final para o caso de desfuzificação com base no valor 0,60.

Caso	Nota final
Cliente 1	0,47
Cliente 2	0,62
Cliente 3	0,74
Cliente 4	0,59
Cliente 5	0,65

Essa flexibilidade permitida pela ferramenta não deve ser associada a uma deficiência de sua aplicação ou mesmo a um ponto de vulnerabilidade. O conceito de conjunto nebuloso triangular define o grau de equivalência que cada aspecto deve ter na abordagem global, como de maior ou menor importância de acordo com as prioridades de cada organização. A Tabela 11 apresenta um comparativo entre os resultados do estudo apresentado neste artigo com uma simples média aritmética das notas obtidas na pesquisa de satisfação dos clientes.

**Tabela 11** – Comparativo entre o resultado do estudo e a média dos valores da pesquisa.

Caso	Nota final	Média
Cliente 1	0,54	6,87
Cliente 2	0,70	6,80
Cliente 3	0,80	7,20
Cliente 4	0,68	6,00
Cliente 5	0,73	6,13

No caso de consideração da média aritmética na pontuação direta dos resultados, a ordem do grau de satisfação de cada cliente teria uma seqüência diferente. Com exceção para os Clientes 2 e 3 que

permaneceriam respectivamente em primeiro e terceiro lugar, os demais apareceriam em ordem diferente na qual o Cliente 1 que passaria da quinta posição para a segunda, o Cliente 4 passaria da quarta para a quinta, além do Cliente 5 que deixaria de ocupar a segunda para ocupar a quarta posição.

## VII. REFERENCIAS

NBR ISO 9000: 2000 - *Sistema de gestão da qualidade – Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

PACHECO, F. A. M.; PEREIRA, O.J. *Pesquisa de satisfação: um estudo sobre a ótica do consumidor em uma farmácia de manipulação na cidade de Maringá*. VII SEMEAD, São Paulo, SP, Brasil, 2004.

PIMENTA, J. U. R. *Avaliação do cliente interno: Ferramenta de integração entre as dimensões operacionais, tática e estratégia das organizações*. VI Seminário Interdisciplinar. Tema: Estratégia e inovação para o sucesso empresarial, Salvados, BA, 2002.

PRAZERES, P. M. *Dicionário de termos da qualidade*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SELLITTO, M. A. Inteligência artificial: uma aplicação em uma indústria de processo contínuo. *Revista Gestão e Produção*. São Carlos, v.9, n.3, p.363-376, dez. 2002.

SHIMIZU, T.; *Decisão nas Organizações: introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão*, São Paulo: Atlas, 2001.

VILAS BOAS, S. F. V.; REZENDE, G. M.; SILVA, C. E. S.; TURRIONI, J.B. *Medição de satisfação de clientes na área de serviços*. XXII ENEGEP, Ouro Preto, MG, Brasil, 2003.