

## SISAER – UMA ALTERNATIVA AO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL DO DEPARTAMENTO DE AVIAÇÃO CIVIL

**Vladimir L. Silva**  
**Paulo Afonso Lopes da Silva**  
Instituto Militar de Engenharia  
Mestrado em Engenharia de Transportes

### RESUMO

O espelho da situação econômico-financeira das empresas aéreas (janeiro/2004) é realmente desconfortável e, na permanência dessas condições, há de se prever mudanças drásticas no setor, como incorporações, falências e abandono de linhas deficitárias, embora representem importante fator de mobilidade para as populações das áreas servidas. Infelizmente, o setor aéreo carece de um modelo de avaliação de desempenho que apóie o processo de tomada de decisão inerente à atividade e que sirva também como um modelo comparativo entre as diversas companhias. O presente trabalho vem fornecer, em razão da iminente intervenção estatal para fins regulatórios e de preservação da capacidade de geração de empregos do setor, subsídios para o melhor entendimento da Satisfação do Usuário e da realidade Econômico-Financeira e Técnico-Operacional das empresas do setor por meio de um modelo de classificação, baseado em algoritmo construído a partir da análise multivariada e da lógica *fuzzy*.

### ABSTRACT

The current airline economic and financial situation (January/2004) is really uncomfortable, and with these conditions, we can foresee drastic changes in the sector, such as incorporations, bankruptcies and abandonment of routes affording losses, even so they represent important factor of mobility for the populations which use them. Unfortunately, the airline branch lacks a model of performance evaluation that not only supports the decision making process for the activity, but also can be used as a comparative model among companies as well. This work presents arguments (based on the imminent governmental intervention) for giving basis for the best understanding of the airlines Users' Satisfaction and Operational and Economic/Financial reality, based on a classification model based on multivariate analysis algorithms, and on fuzzy logic.

## 1. INTRODUÇÃO

É realmente delicado o atual momento (janeiro de 2004) da economia mundial, sobretudo em razão das profundas mudanças políticas que estão sendo efetivadas nos quatro cantos do globo. Áreas de livre comércio estão sendo discutidas, unificação de moedas, ações contra a fome, melhoria e preservação do meio ambiente. Também as tensões providas do Oriente Médio, que têm a tendência de afetar os preços do petróleo, participam e contribuem para um clima não muito favorável à retomada da atividade industrial, comercial e de serviços em muitos mercados. No Brasil, a sensibilidade existente no setor de transporte à conjuntura econômica é realmente alta (Figura 1) e faz com que as empresas atuem com grau de risco elevado.

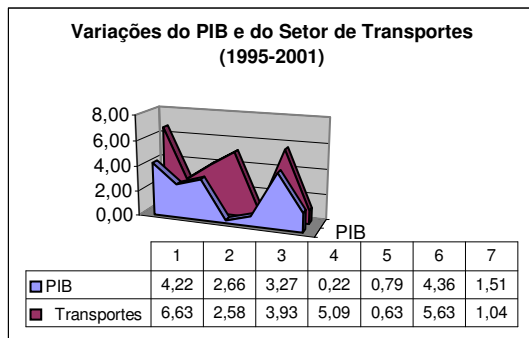


Figura 1 – Variações do PIB e do Setor de Transporte (Fonte: Anuário Econômico IBGE).

Figura 1 – Variações do PIB e do Setor de Transporte

Infelizmente, o setor aéreo carece de um modelo de avaliação de desempenho que apóie o processo de tomada de decisão inerente à atividade e que sirva também como um modelo comparativo entre as diversas companhias.

O presente trabalho vem, em razão da iminente intervenção estatal para fins regulatórios e de preservação da capacidade de geração de empregos do setor, fornecer subsídios para o melhor entendimento do Nível de Satisfação do Usuário, da realidade Econômico-Financeira e Técnico-Operacional das empresas do setor aéreo por meio de um modelo de classificação, SISAER (Sistema de Avaliação de Desempenho de Empresas Aéreas), baseado em algoritmo construído a partir de análise multivariada e da lógica fuzzy. Ele representa também, um passo largo para a modificação do atual critério de avaliação utilizado pelo Departamento de Aviação Civil (DAC), que considera apenas a pontualidade e a regularidade como norteadores da eficiência operacional das companhias.

## 2. MODELAGEM ECONÔMICO-FINANCEIRA PARA EMPRESAS AÉREAS

Para esta modelagem, a metodologia aplicada teve os seguintes passos:

1) Levantamento de Dados: Realizado a partir dos Anuários Estatísticos do Departamento de Aviação Civil (1997 a 2001), observando-se os balanços patrimoniais e demonstrações de resultado do exercício de empresas de linhas aéreas. Esse levantamento de dados teve por objetivo realizar uma primeira classificação e baseou-se no estudo gráfico de grupos de contas do Ativo e Passivo das empresas.

2) Classificação Inicial – Apoio Gráfico: Nesta etapa foram definidas as empresas pertencentes aos três seguintes grupos: Razoavelmente Saudáveis (ou Saudáveis), de Desempenho Regular (ou de Alto Risco) e as Insolventes.

- Razoavelmente Saudáveis (ou Saudáveis) - Grupo 1: Para classificação das empresas neste grupo, tomou-se por base uma relação harmônica entre as contas do passivo circulante mais exigível a longo prazo, patrimônio líquido em relação ao ativo total. Relação básica (harmônica): para cada real investido pelo grupo acionista ou empresário, mais R\$1,00 é obtido por meio de fontes de financiamento externo. Como exemplo, a Figura. 2a se refere à situação estrutural da empresa Alfa no ano de 1997 e representa as características gerais das instituições pertencentes a este primeiro grupo. Verifica-se nele a harmonia entre o Passivo Circulante mais Exigível a Longo Prazo (P) e o Patrimônio Líquido (PL) em relação ao seu Ativo Total (A).

- Empresas de Desempenho Regular (ou de Alto Risco) - Grupo 2: São aquelas onde se verificou, pela análise gráfica, o desarranjo das contas do Passivo Circulante e Exigível e do Patrimônio Líquido em relação ao Ativo Total, contudo, este mesmo desarranjo não tornava o Patrimônio Líquido negativo. A Figura. 2b exemplifica uma empresa classificada inicialmente como pertencente a este grupo.

- Empresas Insolventes (Grupo 3): Empresas que apresentaram o somatório da conta Patrimônio Líquido negativo, independentemente do valor da conta. A Figura. 2c apresenta um exemplo dessas empresas; os gráficos para este grupo não foram feitos em razão de se considerar apenas a situação negativa do Patrimônio Líquido.

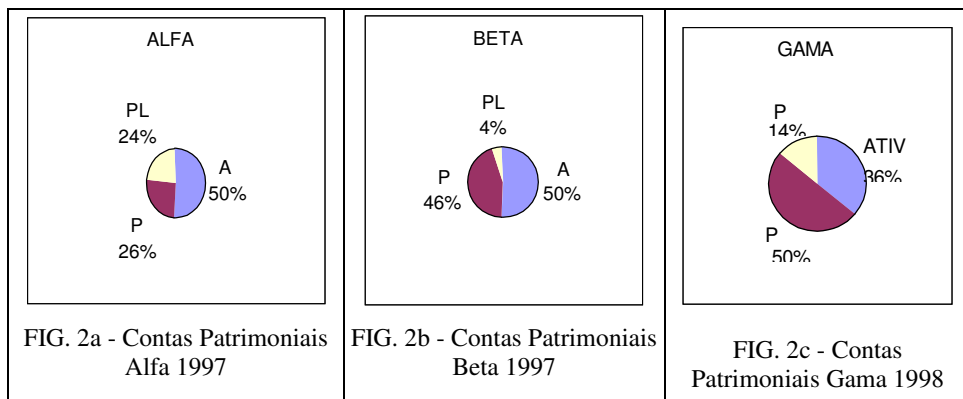


Figura 2 – Contas Patrimoniais

Fonte: Anuário Estatístico – DAC – 1997 a 1998

3) Determinação dos Índices Estruturais Incorporados ao Modelo: Em razão do vasto número de índices que tomam parte das análises financeiras, tomou-se por base aqueles cujos valores exprimiam com melhor adequação a situação estrutural (neste trabalho, um total de 30 índices).

4) Resolução da Função Classificatória: O método utilizado para a resolução da função discriminante foi o de “StepWise Regression” utilizando-se o método “Forward and Backward”. Esse método remove e adiciona variáveis ao modelo de regressão com o intuito de identificar o melhor grupo de variáveis preditoras do modelo.

5) Obtenção da Função Discriminante: Para os dados das companhias aéreas brasileiras, a função discriminante resultante é a seguinte:

$$\text{Grau Z} = 3,05 - 1,005X_1 - 0,48X_2 + 0,0199X_3 \quad \text{EQ. 1}$$

Onde,

$X_1$  PL\_Ativo\_Corrigido:  $\text{Se } ([\text{Patrimônio Líquido}] < 0; 0; ([\text{Patrimônio Líquido}] / [\text{Total do Ativo}] + 1))$

$X_2$  LuBruto\_AtivoTotal:  $[\text{Lucro Bruto}] / [\text{Total do Ativo}]$

$X_3$  ImobPatrimônio:  $\text{Se } ([\text{Patrimônio Líquido}] < 0; ([\text{Ativo Permanente}] / ([\text{Patrimônio Líquido}] * -1) + [\text{Ativo Permanente}])) / [\text{Ativo Permanente}] / [\text{Patrimônio Líquido}]$

6) Definição dos Limites de cada Grupo: Conforme exposto por Kassai e Kassai (2002), a partir do Grau Z constroem-se os intervalos que delimitam os Grupos. Calculou-se o valor médio entre os níveis inferior e superior de cada grupo, considerado, agora, o valor onde ocorrem os limites entres os grupos. A delimitação dos Grupos apresenta-se, então, da seguinte maneira: Grupo 1 (Razoavelmente Saudáveis/Saudáveis): Grau Z menor ou igual a 1,502; Grupo 2 (Desempenho Regular/Alto Risco): Grau Z entre 1,502 e 2,452; e Grupo 3 (Insolvente): Grau Z maior ou igual a 2,452.

7) Análise de Aderência (Validação) do Modelo: Finalmente, a validação do modelo foi realizada mediante a reclassificação das empresas de linhas aéreas por meio do Grau Z de cada organização para os anos de 1997 a 2001. Para o ano de 2001, temos a seguinte classificação para as empresas aéreas de transporte regular de passageiros (Tabela 1):

Tabela.1: Classificação Econômico-Financeira para o Ano de 2001

SAUDÁVEIS			DE RISCO			INSOLVENTES		
Classif.	Empresa	Z	Classif.	Empresa	Z	Classif.	Empresa	Z
1º	ABAETÉ	1,42	3º	RICO	1,5	11º	VARIG	2,8
2º	RIO SUL	1,49	4º	META	1,7	12º	ABSA	2,9
			5º	PASSAREDO	1,8	13º	TRANSBRASIL	3,0
			6º	NORDESTE	1,8	14º	VASP	3,0
			7º	TAVAJ	1,9	15º	ITAPEMIRIM	3,1
			8º	TAM	1,9	16º	INTERBRASIL	3,1
			9º	PENTA	1,9			
			10º	PANTANAL	2,0			

### 3. DESEMPENHO TÉCNICO-OPERACIONAL E SATISFAÇÃO DO USUÁRIO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas pesquisas com usuários e especialistas do setor aéreo brasileiro. Desse modo, foi possível a caracterização de um pensamento consensual a cerca dos critérios da avaliação por meio de funções matemáticas (modelagem fuzzy).

A lógica fuzzy, um ramo da inteligência artificial, revolucionou as áreas de telecomunicações, robótica e tantas outras ciências. As suas vantagens são realmente amplas, se comparada às aplicações tradicionais, e isto ocorre porque os parâmetros de entrada no sistema de comparação (aproveitamento, pontualidade, regularidade, preço, confiabilidade, relação com cliente, entre outros) são mensurados a partir de estruturas de pensamento baseadas na linguagem natural de especialistas, constituindo assim, o pensamento consensual. Este, por sua vez, é traduzido em funções matemáticas, produzindo uma saída numérica de fácil entendimento para o tomador de decisão (escala fechada - 0 a 10), indicando, dentre as empresas operadoras, aquela cujos desempenhos Técnico-Operacional, Econômico-Financeiro e o Nível de Satisfação do Usuário sejam os melhores. Identifica também, dentre os critérios analisados, aqueles nos quais as empresas apresentam um positivo diferencial competitivo e também aqueles nos quais o desempenho esteja deficiente.

Adotada neste trabalho para Avaliação do Nível de Satisfação do Usuário, a Lógica Fuzzy nasceu em 1965 a partir da publicação do artigo intitulado “Fuzzy Sets” na revista “Information and Control” por Lofti A. Zadeh da Universidade da Califórnia, Berkeley (Tanaka, 1997). Segundo Braga (1995), a lógica *fuzzy* consiste na tentativa de “aproximar a precisão característica da Matemática à inerente imprecisão do mundo real”. Uma de suas grandes vantagens é a de realizar a tradução de termos lingüísticos (linguagem natural), utilizados nas comunicações diárias, em expressões matemáticas. Isso é obtido por meio das propriedades dos conjuntos *fuzzy* (Zadeh et al., 1975) e dos métodos de fuzzificação e defuzzificação.

Longe, perto, alto, baixo fazem parte de nossa linguagem natural e têm multiplicidade de sentidos a partir do objeto e contexto que são analisados. “Quando dizemos que uma pessoa é alta, não podemos afirmar quem é alto ou quem não é” (Saraiva, 2000).

Cury (1999) apresenta outras vantagens na elaboração de sistemas *fuzzy*, como a rapidez com que a construção do sistema é realizada em relação aos modelos que utilizam a lógica

denominada “crisp” (comum ou booleana) e de tornar desnecessário o desenvolvimento ou conhecimento de um modelo matemático. Aplicada ao controle, Shaw e Simões (1999) afirmam que estratégias baseadas na lógica *fuzzy*, comparadas a soluções convencionais, por se basearem em implementações lingüísticas, freqüentemente, apresentam-se como mais eficientes e ainda, com custos mais baixos.

Os critérios relacionados ao Nível de Satisfação do Usuário são os seguintes:

- **Confiabilidade** – a) Cumprimento de contrato (prestação do serviço em conformidade com as condições contratuais); b) Regularidade do serviço (cumprimento das programações de transportes).
- **Preço** – a) Valores das passagens e taxas adicionais (adequação dos preços cobrados em relação aos serviços prestados); b) Políticas de descontos (flexibilidade nas negociações de preços dos serviços); c) Competitividade com outros modais (preço praticado pela empresa aérea em relação a outros modais).
- **Adequação** – a) Aeronaves compatíveis com o serviço (adequação das aeronaves ao tipo de voo a ser realizado); b) Estado de conservação dos equipamentos (condições gerais de segurança e conservação de cabina, poltronas, banheiros e utensílios quanto à realização das operações de transporte); c) Serviços de bordo (qualidade dos serviços prestados por tripulação, refeições servidas, livros e revistas disponíveis, sistema de som e vídeo).
- **Acessibilidade** – a) Regiões atendidas; b) Freqüência dos serviços; c) Serviço de transbordo (serviços colocados à disposição do usuário quando em conexões, tempo despendido para realização da conexão).
- **Relação com o Cliente** – a) Eficiência na solução dos problemas; b) Facilidade de comunicação (condições oferecidas para o usuário acessar os níveis gerenciais desejados). Serviços de atendimento ao cliente (serviço oferecido para informação, reclamação e sugestão).

Os critérios relacionados ao desempenho Técnico-Operacional são os seguintes:

- **Pontualidade:** Proporção das etapas de voo que foram operadas de acordo com os horários previstos nos respectivos documentos de HOTRAN (Horário de Transporte) dentre o total de etapas de voo efetivamente realizadas, considerando-se os limites de tolerância estabelecidos na IAC 502. É calculado pelo DAC e varia numa escala de [0 – 100]. É medido em função do cumprimento dos horários de voo previstos no respectivo HOTRAN.
- **Regularidade:** Proporção do total de etapas de voo previstas em HOTRAN que foram efetivamente realizadas. É calculado pelo DAC e varia numa escala de [0 – 100]. É medido pelo quociente da divisão entre o número de etapas de voo efetivamente realizadas e o número total de etapas de voo previstas em cada HOTRAN.
- **Aproveitamento:** Indicador já calculado pelo DAC e apresentado em seus anuários estatísticos. É resultado do seguinte cálculo:  $\text{Pax km Transportado} / \text{Assentos km Oferecidos}$  (varia na escala [0, 100%]).
- **Eficiência Operacional:** Corresponde à ação combinada da Regularidade e da Pontualidade, representando, de um modo geral, a probabilidade do passageiro de, ao chegar no aeroporto, ver o seu voo realizado e dentro do horário previsto.

Para essa modelagem a metodologia tem os seguintes passos:

- a) Definição das Variáveis de Entrada e dos Rótulos de Entrada;
- b) Definição da Variável de Saída e de seus termos lingüísticos (Rótulos de Saída);
- c) Estabelecimento dos Valores de Suporte;
- d) Atribuição Numérica Subjetiva e Representação dos Conjuntos *Fuzzy*;
- e) Estabelecimento das Regras de Inferência;
- f) Defuzzificação.

a) Definição das Variáveis de Entrada (VE) e dos Rótulos de Entrada (RE)

No Universo de Discurso (conjunto de termos lingüísticos que fazem parte do objeto em estudo). Exemplificando temos que as variáveis de entrada são: confiabilidade, preço, adequação, acessibilidade e relação com cliente. Para a VE preço e relação com cliente foram definidos como REs: 1 – Muito Bom; 2 – Bom; 3 – Razoável; 4 Ruim e 5 – Muito Ruim. Para as VEs Acessibilidade, Confiabilidade e Adequação: 1 – Muito Alta; 2 – Alta; 3 – Razoável; 4 Baixa e 5 – Muito Baixa. A explicação para a adoção de uma escala de 5 variáveis semânticas advém da necessidade de ser obtido tanto precisão quanto acurácia na interpretação do fenômeno qualitativo. A escala de 5 pontos reconhece a oposição entre contrários; gradiente; e situação intermediária”.

b) Definição da Variável de Saída (VS) e de seus termos lingüísticos (Rótulos de Saída - RS)

A VS, finalidade da avaliação, é o Nível de Satisfação do Usuário dos serviços de transporte de passageiros e os Rótulos de Saída são: Insatisfeito, Pouco Satisfeito, Satisfeito, Muito Satisfeito e Extremamente Satisfeito.

c) Estabelecimento dos Valores de Suporte

Segundo Klir e Folger (1988), o suporte de um conjunto *fuzzy* A no conjunto universo X é o conjunto “crisp” que contém todos os elementos de X que têm pertinência diferente de zero em A. Os suportes para um conjunto *fuzzy* X são obtidos pela função Sup:  $\tilde{P}(X) \rightarrow P(X)$ . Onde,  $\text{Sup } A = \{x \in X \mid \mu_A(x) > 0\}$ .

Neste trabalho, os valores de suporte considerados correspondem ao intervalo numérico fechado entre 0 e 10. Segundo Pereira (1999), a escala ordinal permite a distinção entre atributos, reconhecendo ainda relações de igualdade/desigualdade e de ordem (>, <).

d) Atribuição Numérica Subjetiva e Representação dos Conjuntos *Fuzzy*

Nesta etapa são atribuídos graus de pertinência ao intervalo numérico fechado [0, 10]. Com a participação dos usuários, pede-se que sejam quantificados os Rótulos de Entrada na escala de 0 a 10. “Comprovado experimentalmente por Zadeh, as funções de pertinência ficam definidas após a consulta a pessoas especialistas, bastando de 15 a 20 pessoas” (Braga, 1995). “A conclusão de Zadeh pode ser estendida para usuários de um projeto e as opiniões e atribuições de graus de pertinência, pela teoria do Limite Central, podem estabilizar-se a partir de uma amostra com mais de 30 pessoas” (Cury, 1999). Neste trabalho, para avaliação do nível de satisfação do usuário, foi realizada pesquisa com 39 respondentes, sendo 2 questionários descartados por motivo de erros no preenchimento (Apêndice 7 - Questionário e Determinação dos Graus de Pertinência dos Conjuntos *Fuzzy*). Para a avaliação dos critérios técnico-operacionais, foram realizadas pesquisas com 16 especialistas.

Os Graus de Pertinência são calculados dividindo-se a frequência total do valor na escala (quantidade total atribuída pelos usuários) e o número total de respondentes; para a composição dos vetores de possibilidades [Nota; GP<sub>i</sub>], dentre os GPs, os de maiores valores. Após o cálculo dos graus de pertinência para os números inteiros foram inseridas as integrais *fuzzy* de modo que fossem considerados os valores da escala contínua [0..10].

e) Estabelecimento das Regras de Inferência

O sistema gera respostas (RS) em função dos estímulos emitidos pelas Variáveis de Entrada e seus respectivos rótulos com base nas Regras de Inferência. sistema de inferência é indicado pelas *integrais-fuzzy*, com base nas quais se pode realizar a defuzzificação.

f) Defuzzificação

Uma das grandes vantagens da lógica *fuzzy* é a de permitir a construção de um ordenamento (“ranking”) para comparar o nível de satisfação dos usuários entre as diversas companhias aéreas por meio da defuzzificação. “Na defuzzificação, o valor da variável lingüística de saída inferida pelas regras *fuzzy* será traduzido num valor discreto. Assim, a defuzzificação é uma transformação inversa que traduz a saída do domínio *fuzzy* para o domínio discreto” (Shaw e Simões, 1999).

O Método do Centro dos Máximos (C-o-M) é a abordagem proposta. “Neste método, os picos das funções de pertinência representados no universo de discurso da variável de saída são usados, enquanto se ignoram as áreas das funções de pertinência; as contribuições múltiplas de regras são consideradas por este método” (Shaw e Simões, 1999). Com o C-o-M, a nota final (valor final correspondente ao Nível de Satisfação do Usuário ou ao Desempenho Técnico-Operacional) é a média ponderada dos máximos, conforme a EQ. 2:

$$NSU = \frac{\sum_{i=1}^n GpCr_i \times GpVE_i \times X_i}{\sum_{i=1}^n GpCr_i \times GpVE_i} \quad \text{EQ. 2}$$

Onde: NSU – Nível de Satisfação do Usuário

GpCr<sub>i</sub> - Grau de Pertinência para Criticidade das VEs

GpVE<sub>i</sub> - Grau de Pertinência para Variável de Entrada (VE)

X<sub>i</sub> – Nota Recebida pela Cia Aérea

i = 1.. 5

Seguindo a notação para expressões contínuas, temos as integrais *fuzzy* para o Nível de Satisfação do Usuário (Insatisfeito, Pouco Satisfeito, Satisfeito, Muito Satisfeito e Extremamente Satisfeito):

Cálculo de Graus de Pertinência para Rótulo de Saída (RE) Insatisfeito – EQ. 3:

$$I_N = \int_{0 \rightarrow 1}^{1 \rightarrow 0,78} -0,22x + 1/x + \int_{1 \rightarrow 0,78}^{1,6 \rightarrow 0,58} -0,333x + 1,113/x \quad \text{EQ. 3}$$

Cálculo de Graus de Pertinência para Rótulo de Saída (RS) Pouco Satisfeito – EQ. 4:

$$PS = \int_{1,6 \rightarrow 0,58}^{2 \rightarrow 0,76} 0,45x - 0,14/x + \int_{2 \rightarrow 0,76}^{3 \rightarrow 1} 0,24x + 0,28/x + \int_{3 \rightarrow 1}^{4 \rightarrow 0,96} -0,04x + 1,12/x + \int_{4 \rightarrow 0,96}^{4,7 \rightarrow 0,68} -0,4x + 2,56/x \quad \text{EQ. 4}$$

Cálculo de Graus de Pertinência para Rótulo de Saída (RS) Satisfeito – EQ. 5:

$$S_A = \int_{4,7 \rightarrow 0,68}^{5 \rightarrow 0,81} 0,433x - 1,356/x + \int_{5 \rightarrow 0,81}^{6 \rightarrow 1} 0,19x - 0,14/x + \int_{6 \rightarrow 1}^{7 \rightarrow 0,81} -0,19x + 2,14/x + \int_{7 \rightarrow 0,81}^{7,3 \rightarrow 0,66} -0,5x + 4,31/x \quad \text{EQ. 5}$$

Cálculo de Graus de Pertinência para Rótulo de Saída (RS) Muito Satisfeito – EQ. 6:

$$MS = \int_{7,3 \rightarrow 0,66}^{8 \rightarrow 1} 0,485x - 2,88/x + \int_{8 \rightarrow 1}^{9 \rightarrow 0,63} -0,37x + 3,96/x + \int_{9 \rightarrow 0,63}^{9,2 \rightarrow 0,55} -0,4x + 4,23/x \quad \text{EQ. 6}$$

Cálculo de Graus de Pertinência para Rótulo de Saída (RS) Extremamente Satisfeito – EQ. 7:

$$ES = \int_{9 \rightarrow 0,63}^{10 \rightarrow 1} 562x - 4,625/x \quad \text{EQ. 7}$$

Para o Desempenho Técnico-Operacional, temos:

$$I_N = \int_{0 \rightarrow 1,0}^{2 \rightarrow 0,6} 1 - 0,2x / x \quad \text{EQ. 8}$$

$$PE = \int_{2 \rightarrow 0,6}^{3 \rightarrow 1,0} 0,2 + 0,4x / x + \int_{3 \rightarrow 1,0}^{4 \rightarrow 0,9} 1,3 - 0,1x / x + \int_{4 \rightarrow 0,9}^{4,4 \rightarrow 0,89} 1 - 0,025x / x \quad \text{EQ. 9}$$

$$E = \int_{4,4 \rightarrow 0,89}^{5 \rightarrow 1,0} 0,08 + 0,18x / x + \int_{5 \rightarrow 1,0}^{6 \rightarrow 1,0} 1 / x + \int_{6 \rightarrow 1,0}^{7 \rightarrow 0,89} 1,66 - 0,1x / x + \int_{7 \rightarrow 0,89}^{7,3 \rightarrow 0,68} 5,79 - 0,7x / x \quad \text{EQ. 10}$$

$$ME = \int_{7,3 \rightarrow 0,68}^{8 \rightarrow 1,0} -2,66 + 0,46x / x + \int_{8 \rightarrow 1,0}^{9 \rightarrow 0,71} 3,32 - 0,29x / x + \int_{9 \rightarrow 0,71}^{9,2 \rightarrow 0,54} 8,36 - 0,85x / x \quad \text{EQ. 11}$$

$$EE = \int_{9,2 \rightarrow 0,54}^{10 \rightarrow 1,0} -4,75 + 0,57x / x \quad \text{EQ. 12}$$

In – Ineficiente; PE – Pouco Eficiente; E – Eficiente; ME – Muito Eficiente; e EE – Extrem. Eficiente

#### 4. INTEGRAÇÃO DOS MODELOS: O DESEMPENHO GLOBAL

A integração dos três modelos de avaliação (econômico-financeiro, satisfação do usuário e técnico-operacional) é realizada mediante os seguintes passos:

a) Obtenção do Valor de Penalidade (VP) conforme Tabela 2. O VP constitui-se de valor fixo e arbitrado que determina a pena para a empresa aérea que estiver em situação econômico-financeira regular/alto risco ou insolvente.

Tabela. 2: Valor de Penalidade (VP) para Desempenho Econômico-Financeiro

Módulo Econômico-Financeiro	
Grupo	Valor de Penalidade (VP)
Saudáveis / Razoavelmente Saudáveis	0
Regulares / Alto Risco	1
Insolventes	2

b) Cálculo do Desempenho Parcial (DP) da empresa aérea. O DP é obtido por meio da média entre o Nível de Satisfação do Usuário (NSU) e da Avaliação de Desempenho Técnico-Operacional (ADTO) conforme Equação 13:

$$DP = \frac{NSU + ADTO}{2} \quad \text{EQ. 13}$$

c) Obtenção do Desempenho Global (DG) da empresa aérea. O DG é o resultado do DP e a subtração do VP (Equação 14).

$$DG = DP - VP \quad \text{EQ. 14}$$



Assim, temos as seguintes situações:

Empresas Saudáveis:  $DG = DP - 0$

Empresas Regulares / Alto Risco:  $DG = DP - 1$

Empresas Insolventes:  $DG = DP - 2$

## 5. ESTUDO DE CASO: EMPRESA ALFA

Para a demonstração da aplicabilidade do Sistema Avaliação de Desempenho de Empresas Aéreas (SISAER), são apresentados os dados da empresa Alfa, conforme a Figura 3 (o nome oficial da empresa foi omitido).

A Figura 3 demonstra que os usuários consideram excelentes a Acessibilidade, a Confiabilidade, o Preço e a Relação com o cliente. A Adequação é considerada boa. Como resultado, tem-se que o cliente se considera “Extremamente Satisfeito” com os serviços prestados pela companhia.

Quanto ao aspecto Técnico-Operacional, verifica-se que o Aproveitamento é um indicador que deve ser melhorado, embora a empresa tenha sido considerada “Muito Eficiente” (desempenho final, 9,19).

Os dados econômico-financeiros sugerem um desequilíbrio na gestão dos ativos organizacionais. Isto acontece porque o Grau Z obtido (2,28) classifica a empresa como pertencente ao Grupo 2: Regular/Alto Risco.

A partir do conhecimento dos valores das variáveis NSU (9,25), ADTO (9,19) e da classificação econômico-financeira da empresa (Grupo 2 – desempenho regular/alto risco), calcula-se o Desempenho Parcial.

Assim, aplicando a EQ. 13, temos que o Desempenho Parcial (DP) da empresa 9,22.

Como passo final, calcula-se o Desempenho Global (DG) por meio da EQ. 14 considerando-se o Valor de Penalidade (VP) da empresa (-1 conforme TAB. 2). Como resultado do emprego da EQ. 14, tem-se que o Desempenho Global da empresa Alfa é de 8,22, e a empresa é considerada de “Alto Desempenho”.

## 6. CONCLUSÃO

A relevante crise que assola o setor aéreo brasileiro é motivo de grande preocupação e há de se realizar estudos específicos que possam avaliar não somente os aspectos econômico-financeiros das empresas de linhas aéreas, mas também aqueles relacionados à capacidade de geração de desenvolvimento do país por meio de uma melhor integração dos sistemas de transporte. O engessamento da atividade aérea em razão não apenas da crise econômica, mas também do alto índice de endividamento das companhias, deve ser motivo de um maior envolvimento do Poder Público no fomento e regulação da atividade.

Com a deterioração da situação econômico-financeira das empresas operadoras do setor, há de se prever decisões estratégicas de fusão, venda ou mesmo liquidação, o que fatalmente irá refletir em perdas consideráveis para os trabalhadores e também para a indústria aérea. Em razão do alto grau de endividamento médio das empresas, a busca de créditos é um complicador para a manutenção dos serviços. As soluções para a grave crise devem ser buscadas mediante a participação do Governo Federal nas políticas estratégicas do setor. Esta

participação deve considerar linhas de créditos específicas e também diretrizes que possam fazer com que o setor evidencie um quadro positivo de operação.

O modelo discriminante apresentou resultados que indicam ser um método apropriado para a classificação e avaliação do desempenho econômico-financeiro de empresas de linhas aéreas. O modelo permite, a partir do Grau Z de cada empresa, o estabelecimento de ordenamento (“ranking”) das empresas. Esse ordenamento pode ser realizado por empresas de um mesmo grupo ou de forma conjunta para todos os grupos. Essa característica faz com que seja possível a realização de comparações entre os elementos e mesmo da curva de desempenho de determinada empresa para os anos considerados na base de dados. Assim, pode-se verificar, por exemplo, que uma empresa Alfa no ano de 1997 integrava o grupo das empresas Saudáveis, no ano de 1998 das Razoáveis e, em 1999, a das empresas Insolventes. Por meio do ordenamento, pode-se também verificar a posição da empresa em relação às outras nesses mesmos anos.

Outro aspecto importante é que o atual modelo de avaliação utilizado pelo Departamento de Aviação Civil (DAC) não considera a percepção da Satisfação do Usuário quanto aos serviços oferecidos pelas companhias. Desse modo, o modelo *integral-fuzzy* apresentado mostra-se como um método apropriado para a classificação e avaliação da Satisfação do Usuário de empresas aéreas. Ele alinha as características subjetivas da linguagem natural e da percepção do Usuário e permite o estabelecimento de ordenamento (“ranking”) das diversas companhias, contribuindo assim para o processo de comparação e para a tomada de decisão quanto às melhorias desejadas pelos usuários do sistema de transporte aéreo brasileiro e ainda, realiza a convergência dos indicadores técnico-operacionais para um único indicador, o desempenho técnico-operacional.

Salienta-se então, a importância deste trabalho por considerar as dimensões Econômico-Financeira, Técnico-Operacional e de Satisfação do Usuário como aspectos relevantes para o melhor entendimento da situação das empresas do setor aéreo do país. Ele representa também, um passo largo para a modificação do atual critério de avaliação utilizado pelo Departamento de Aviação Civil (DAC) baseado apenas nos índices de regularidade e pontualidade. Essas informações fazem com que o Poder Público disponha de ferramenta para um melhor entendimento da realidade econômico-financeira das empresas de linhas aéreas e auxilia o processo de tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEPARTAMENTO DE AVIAÇÃO CIVIL (DAC) (1997-2001). *ANUÁRIOS ESTATÍSTICOS*.  
BRAGA, Mário Jorge Ferreira et al. (1995) *Conceitos da Matemática Nebulosa na Análise de Risco*. Artes e Rabiskus, Rio de Janeiro.  
CURY, M. V. Q. (1999) *Modelo Heurístico Neuro-Fuzzy para Avaliação Humanística de Projetos de Transporte Urbano*. Tese de Doutorado. COPPE, Rio de Janeiro.  
KASSAI, José Roberto e KASSAI, Sílvia (Acessado em 12/2002). *Desvendando o Termômetro de Insolvência de Kanitz*. Artigo USP – web <http://www.eac.fea.usp.br/eac/arquivos/artigos/kassais.pdf>  
KLIR, George J., FOLGER, Tina A. (1988) *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*. Prentice-Hall, New Jersey.  
SARAIVA, Gerardo José de Pontes (2000). *Lógica Fuzzy - Conceitos Básicos*. Fundação COPPETEC, Rio de Janeiro.  
SHAW, Ian S., SIMÕES, Marcelo Godoy (1999) *Controle e Modelagem Fuzzy*. 1ª ed. Edgard Blücher-FAPESP, São Paulo.  
TANAKA, Kazuo (1997). *An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications*. Springer-Verlag, New York.  
ZADEH, Lofti Asdek et al (1995) *Fuzzy Sets and their Applications to Cognitive and Decision Process*. Academic Press, New York.

---

Vladimir L. Silva (vladimir01rj@yahoo.com.br)

Paulo Afonso Lopes da Silva (estatística@estatística.eng.br)

Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia  
Praça General Tibúrcio, 80-DE/2 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

## Capítulo 13

*Transporte e Meio Ambiente*

