

## ARTIGO

# SELEÇÃO DE FINANCIAMENTO PARA AQUISIÇÃO DE AERONAVES: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

**Sérgio Ronaldo Granemann**

**Ivan Ricardo Gartner**

Engenharia de Produção

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

## RESUMO

A escolha do financiamento para aquisição de aeronaves nas companhias aéreas brasileiras é um problema crucial e complexo. É crucial, pois exerce grande influência na estrutura de capitais da empresa. E é complexo por envolver a análise de uma ampla gama de variáveis quantitativas e qualitativas. Este tipo de problema requer o uso de métodos multicritérios que conjuguem as diferentes variáveis que interagem no processo decisório. Neste estudo foi aplicado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) na classificação das alternativas de financiamento disponíveis para a aquisição de aeronaves. Ao final do trabalho, foi realizada uma ampla análise de sensibilidade dos resultados alcançados, visando a determinação da estabilidade do modelo a variações nos julgamentos dos decisores.

## ABSTRACT

The choice of the financing system for aircraft acquisition for Brazilian airlines companies is a fundamental and complex problem. It is fundamental for Brazilian companies because it affects their capital structure and it is complex because it involves a large number of quantitative and qualitative variables. The solution of this problem requires the use of multicriteria methods that are able to combine variables of distinct nature for supporting the decision making process. In this paper, the Analytic Hierarchy Process (AHP) is adopted for rating the financing alternatives for aircraft acquisition. In order to verify the model stability, a sensitivity analysis was then carried out based on the model results.

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo dos negócios vive uma fase de intensas e rápidas mudanças, onde a tomada de decisões eficazes é fundamental para ganhar ou manter vantagens competitivas. Nesse cenário, e principalmente em processos decisórios que envolvem situações complexas e cruciais às atividades da empresa, não há mais lugar para decisões unicamente intuitivas, ou baseadas em métodos de análise limitados à variável monetária.

Este é o caso do presente estudo, pois o processo decisório de escolha do tipo de financiamento para a aquisição de aeronaves em companhias aéreas brasileiras é um problema complexo e crucial. É um problema complexo em função do número e das características das variáveis que o envolvem e é crucial, pois exerce influência direta na capacidade de pagamento e no perfil competitivo da empresa tomadora da decisão.

Decisões dessa natureza requerem a utilização de instrumentos de apoio que conjuguem os diversos objetivos e as diferentes variáveis que interagem no problema, que são os métodos multicritérios.

Ehrlich (1996) enquadra os métodos multicritérios em três linhas de atuação: a primeira, chamada de Teoria de Utilidade Multi-Atributo (TUMA); a segunda, chamada de Processo de Análise Hierárquica (AHP)<sup>1</sup>; e a terceira, chamada de Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MMAD)<sup>2</sup>. Mesmo com esta divisão, permanece o entendimento de que todos estes métodos caracterizam-se como instrumentos de apoio à decisão.

Dos três grupos de métodos mencionados, foi escolhido para esta aplicação o AHP. O AHP é um instrumento bastante adequado a este problema, pois permite a modelagem agregada de variáveis quantitativas e qualitativas. A possibilidade de tratamento das variáveis qualitativas mostra um avanço nos métodos de análise de decisão, visto que as mesmas introduzem a subjetividade no processo decisório, exprimindo as preferências e valores dos decisores.

Como a participação dos decisores na aplicação do método é fundamental para sua eficácia, é necessária a utilização de uma ferramenta de fácil compreensão teórica. Esta é uma das grandes vantagens do AHP em relação aos outros métodos, pois a simplicidade de sua modelagem é o que tem tornado-o popular mundialmente. Além disso, a aplicação do AHP é facilitada pela disponibilidade do *software Expert Choice* (1995), que é um programa computacional poderoso, com múltiplas funções de análises gráficas de sensibilidade, o que amplia o entendimento dos resultados apontados pelo modelo. Outra vantagem do AHP é que o método inclui um teste de consistência dos julgamentos do decisor, procurando garantir a coerência dos juízos de valor.

<sup>1</sup>O termo original em língua inglesa é *Analytic Hierarchy Process*, com a sigla AHP. Como este é um método de bastante popularidade mundial, neste artigo o método será referenciado sempre por sua sigla original AHP.

<sup>2</sup>Os MMAD, do original *Multiple Criteria Decision Aid* (MCDA), são oriundos da escola francesa, destacando-se a família de métodos ELECTRE (Roy, 1991), e da escola belga, destacando-se os métodos PROMETHEE (Brans e Vincke, 1985).

## 2. O MÉTODO AHP - ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

O método AHP foi desenvolvido por Thomas L. Saaty (1991) em meados da década de 70. A sigla AHP<sup>3</sup> incorpora suas características, as quais são especialmente direcionadas à superação das limitações cognitivas dos decisores.

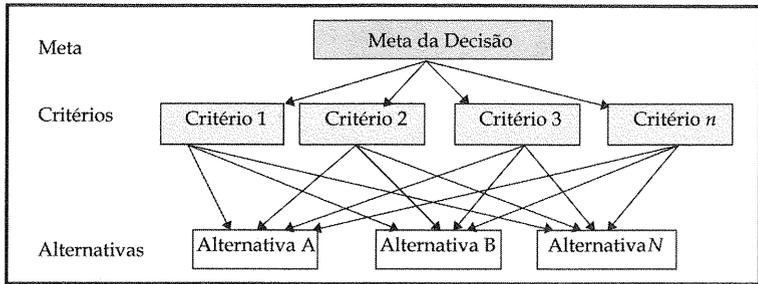
O método é caracterizado por sua simplicidade e robustez, permitindo que sua aplicação se estenda a várias áreas, entre as quais: Planejamento Estratégico (Emshoff & Saaty, 1982), Classificação de Risco (Johnson *et al*, 1990), Alocação de Recursos (Dyer *et al*, 1992), Marketing (Armacost & Hosseini, 1994) e Avaliação do Nível de Consenso do Grupo (Bryson, 1996).

Caracterizado por ser um instrumento de apoio, a aplicação do AHP em problemas de decisão é feita em duas fases: a de construção da hierarquia e a de avaliação (Vargas, 1990).

A fase de construção da hierarquia envolve a estruturação do problema em níveis. Nessa fase, o AHP permite aos decisores a modelagem de problemas complexos em uma estrutura hierárquica (vide figura 1) que mostra as relações entre as metas, os critérios que exprimem os objetivos e sub-objetivos, e as alternativas que envolvem a decisão. A estrutura hierárquica forma uma árvore invertida, onde a estrutura vai descendo da meta da decisão para os critérios, sub-critérios e alternativas, em sucessivos níveis (Saaty, 1990).

<sup>3</sup>Adota-se a tradução como Processo de Análise Hierárquica, que significa:

**Processo:** um processo é uma série de ações, mudanças ou funções que trazem um fim ou resultado. O AHP é um processo que auxilia os decisores a encontrar a melhor resposta para suas questões, levando-os à reflexão profunda sobre a estruturação do problema, num processo constante de aquisição de conhecimento; **De Análise:** o AHP utiliza uma forma de análise de expressões que significa a separação de quaisquer entidades abstratas



**FIGURA 1**

Estrutura hierárquica genérica de problemas de decisão

Fonte: Adaptado de Saaty (1990, 1991)

Essa estruturação do problema exige que o decisor ou grupo de decisores participe diretamente e ativamente no processo decisório, o que pode ocasionar um maior comprometimento da implementação da decisão recomendada pelo modelo, visto que a mesma embute suas preferências e valores.

Após a hierarquização do problema, inicia-se a fase de avaliação, com a comparação paritária, isto é, par a par, entre os critérios, e também entre os sub-critérios, se houver. Por meio desta comparação serão determinadas as importâncias relativas de cada critério, também conhecidas como pesos. Os critérios são comparados segundo a escala de julgamentos descrita no quadro 1.

ou materiais em seus elementos componentes. Em seu processo de análise, o AHP auxilia na mensuração e sintetização dos múltiplos fatores envolvidos em decisões complexas; **Hierárquico**: o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, os quais representam a situação de decisão nos seguintes níveis: objetivos, critérios e sub-critérios, e alternativas.

INTENSIDADE	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Importância igual	Duas atividades <sup>4</sup> contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância fraca de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo uma atividade em relação a outra é do mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando é necessária uma condição de compromisso.
Recíprocos	Se a atividade <i>i</i> tem uma das intensidades de importância ou de preferência de 1 a 9 quando comparada com a atividade <i>j</i> , então <i>j</i> tem o valor recíproco quando comparado com <i>i</i> .	

#### QUADRO 1

Escala de julgamento de importância do AHP

Fonte: Adaptado de Saaty (1990, 1991)

Os resultados das comparações são apresentados na seguinte forma matricial:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{21}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

devendo atender às seguintes condições:

$$a) a_{ij} = \alpha; \quad b) a_{ji} = \frac{1}{\alpha}; \quad c) a_{ii} = 1.$$

onde:

$a_{ij}$  = comparação paritária entre os critérios *i* e *j*;

$\alpha$  = valor de intensidade de importância.

<sup>4</sup> O termo "atividades" tem o mesmo significado de "alternativas", e também pode ser chamado de "ações potenciais".

A resolução da matriz  $A$  resulta no auto-vetor de prioridades, o qual expressa as importâncias relativas de cada critério, ou pesos. A forma mais recomendada de cálculo (Saaty, 1991) consiste em se elevar a matriz a potências arbitrariamente altas, dividindo-se a soma de cada linha pela soma dos elementos da matriz, ou seja normalizando-se os resultados. Isso resulta no auto-vetor de prioridades para ordenação. Essa operação deve ser repetida até que a diferença entre o resultado normalizado da última operação seja bem próximo do resultado da operação precedente (ex.: diferenças pequenas após a terceira casa decimal).

De posse das importâncias relativas dos critérios é testada a integridade dos julgamentos, calculada por um índice de inconsistência. Caso o índice de inconsistência seja maior que 0,10 (Saaty, 1991), o decisor ou grupo de decisores é encorajado a rever seus julgamentos, buscando torná-los consistentes. Essa consistência é atingida com um índice menor ou igual a 0,10.

Esses procedimentos resultaram na ordenação e mensuração da importância relativa dos critérios. Caso os critérios exijam a existência de sub-critérios para sua descrição, todo o processo de avaliação descrito repetir-se-á também nesse nível hierárquico.

A fase de avaliação do problema prossegue com a comparação paritária das alternativas em cada um dos critérios, para a determinação do nível de preferência das alternativas. Para isso, procede-se da mesma forma como foi descrito para a obtenção da importância relativa dos critérios. Tendo as importâncias relativas dos critérios e os níveis de preferência das alternativas, parte-se para a valoração global de cada uma das alternativas, segundo o método da soma ponderada, assim calculado:

$$V(a) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(a) \quad (1)$$

com  $\sum_{j=1}^n p_j = 1$  e  $0 < p_j < 1$  ( $j = 1, \dots, n$ ), onde:

$V(a)$  é o valor global da alternativa analisada;

$p_j$  é a importância relativa do critério  $j$ ; e

$v_j$  é o nível de preferência da alternativa analisada no critério  $j$ .

### 3. A ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA DE ESCOLHA DO FINANCIAMENTO PARA AQUISIÇÃO DE AERONAVES

A decisão de escolha do financiamento é determinante no processo de aquisição de aeronaves nas companhias aéreas brasileiras, em função das diferenças substanciais existentes entre as características das modalidades de crédito disponíveis, que são: Leasing Financeiro, Leasing Operacional e Empréstimos Bancários.

No setor da aviação civil, um Leasing Financeiro é caracterizado como uma operação na qual um investidor compra um avião e em seguida o cede em leasing para uma companhia aérea que utilizará o aparelho durante toda a duração do contrato. Ele tem a característica de ser integralmente reembolsado (*full pay-out lease*), isto é, o *lessor* será reembolsado pelo total do preço de compra da aeronave mais uma parte correspondente aos juros visando remunerar o capital investido. Ao final do contrato a companhia aérea tem uma opção de compra sobre o aparelho mediante o pagamento de um valor residual pré-determinado, o qual em geral não é muito elevado. Este tipo de leasing é também conhecido como financiamento baseado no valor do ativo (*asset based financing*).

Em operações de Leasing Operacional os aluguéis não reembolsam totalmente o valor de compra da aeronave. Neste caso, geralmente uma companhia de leasing de aviões cede o aparelho a uma companhia aérea por um curto período de tempo, em geral de 3 a 5 anos. A companhia aérea paga aluguéis periodicamente ao locador e ao final do contrato de locação ela pode adquirir a aeronave, mas não mais por um valor pré-determinado na assinatura do contrato, e sim pelo valor de mercado do ativo. Aqui, o locador conserva a propriedade jurídica e econômica da aeronave.

O Empréstimo ou Crédito Bancário é a forma de financiamento tradicional de todos os ativos. Neste caso, os transportadores aéreos solicitam, em geral aos bancos e às instituições financeiras nacionais e internacionais, um empréstimo para aquisição de aeronaves. A diferença é que, neste caso, o proprietário jurídico e econômico do avião é a companhia aérea que reembolsará o montante do empréstimo mais os juros ao banco credor. Em geral neste tipo de financiamento, os estabelecimentos bancários solicitam como garantia para o empréstimo uma hipoteca sobre a aeronave adquirida.

De acordo com Granemann (1994), a escolha entre essas três modalidades de crédito disponíveis é um processo complexo, pois envolve múltiplos critérios, tais como: a) Custo da Operação de Financiamento; b) Risco de Tesouraria; c) Risco de Evolução da Taxa de Juros; d) Garantias Exigidas pelos Credores; e) Flexibilidade de Gestão da Frota; f) Risco de Câmbio sobre a Moeda da Dívida; g) Escolha do Credor (Contra-partida); h) Nível de Endividamento Externo (Risco País)<sup>5</sup>.

A seguir, são descritas as principais características de cada um dos critérios para melhor compreensão do problema.

a) Custo da Operação de Financiamento. Nas companhias aéreas, o custo da operação deve levar em conta, além do custo atual do financiamento (CA), o custo dos honorários jurídicos e financeiros para montar a estrutura do financiamento (CH) e o custo do tempo para que o mesmo esteja disponível, e para que a montagem seja realizada (CT). Estes custos devem ser incluídos no montante dos aluguéis (no caso de Leasing), ou no montante reembolsado periodicamente (caso de Empréstimo).

Então:  $\text{Custo da Operação} = \text{CA} + \text{CH} + \text{CT}$

<sup>5</sup> Os critérios "a" a "d" são os critérios tradicionalmente utilizados pelas empresas em geral; os critérios "e" a "g" são adicionalmente utilizados pelas companhias aéreas internacionais; o critério "h" é adicionalmente utilizado pelas companhias aéreas brasileiras.

O quadro 2 mostra como deve ser calculado o custo da operação de financiamento para as aquisições de aeronaves por leasing financeiro, por leasing operacional e por empréstimo bancário nas companhias aéreas brasileiras.

TIPO DE FINANCIAMENTO	COMPANHIAS AÉREAS BRASILEIRAS
Leasing Financeiro	$DAN = \sum_{t=0}^n \frac{L_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{T(R_t)}{(1+i)^t}$ $I_0 = \sum_{t=0}^n \frac{L_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{TR_t}{(1+i)^t}$
Leasing Operacional	$DAN = \sum_{t=0}^n \frac{L_t(1-T) + TD_t}{(1+i)^t} + \frac{(1-T)VR}{(1+i)^n}$ $I_0 = \sum_{t=0}^n \frac{L_t(1-T) + TD_t}{(1+i)^t} + \frac{(1-T)VR}{(1+i)^n}$
Empréstimo Bancário	$DAN = \sum_{t=0}^n \frac{A_t - TR_t}{(1+i)^t}$ $I_0 = \sum_{t=0}^n \frac{A_t - TR_t}{(1+i)^t}, \text{ onde } i = k(1-T)$
<b>Legendas:</b> DAN = Valor Atual Líquido L <sub>t</sub> = Montante do Aluguel do Leasing no Instante t T = Taxa de Imposto de Renda sobre os Benefícios R <sub>t</sub> = Parte do Aluguel Referente aos Juros i = Taxa de Atualização I <sub>0</sub> = Montante Financiado k = Custo Atuarial do Empréstimo Antes do Imposto n = Número de Períodos de Reembolso A <sub>t</sub> = Anuidade de Reembolso no Período t D <sub>t</sub> = Anuidade de Depreciação no Período t VR = Valor Residual do Avião no Período n	

### QUADRO 2

Cálculos do custo da operação do financiamento

Fonte: Granemann (1994)

b) Risco de Tesouraria. Representa o risco de insuficiência de tesouraria para cumprir obrigações contratuais em determinado momento. É considerado como a eventualidade da companhia aérea se encontrar na impossibilidade de efetuar seus pagamentos, a tal ponto que ela seria obrigada a suspender os reembolsos e encerrar as operações decididas anteriormente.

Seu cálculo pode ser feito através da determinação da probabilidade de haver uma insuficiência de tesouraria ao longo do período de reembolso do financiamento. Para isto, utiliza-se a inequação de Chebyshev's:

$$P\{|X - u| > t\} < \frac{s^2}{t^2} = \frac{1}{Z^2}$$

onde:

$u = t =$  lucro líquido esperado

$s =$  desvio padrão do lucro líquido esperado

$Z =$  número de desvios padrão do lucro líquido esperado.

Pode-se adicionar também a este critério uma análise da autonomia financeira da firma, através do cálculo dos índices de estrutura financeira (autonomia financeira e solvência) e dos índices de endividamento.

c) Risco de Evolução da Taxa de Juros. Este critério é relativo ao risco da evolução das taxas de juros utilizadas para reembolsar o financiamento. Ele tem implicações diretas sobre o custo da operação, pois em geral utiliza-se taxas de juros fixas para determinados tipos de financiamento (leasing), e taxas de juros de mercado ou variáveis para outros (empréstimo bancário).

d) Garantias Exigidas pelos Credores. As garantias exigidas pelos credores podem ser basicamente de três tipos

Hipoteca sobre a aeronave (caso do Empréstimo Bancário);

Caução Bancária ou Depósitos de Garantia (Leasing Operacional e Empréstimo Bancário);

Matrícula da aeronave no país do credor (caso de Leasing Financeiro).

e) Flexibilidade de Gestão da Frota. Este é um critério subjetivo, contudo essencial para garantir a auto-suficiência na gestão da frota da empresa. O procedimento mais utilizado na prática é o seguinte: limita-se o número de aparelhos adquiridos através de estruturas de

financiamento que não permitam a transferência ou venda da aeronave antes do contrato de financiamento encerrar (por exemplo: limita-se o número de aviões adquiridos por leasing financeiro a uma dada percentagem da frota). É um critério que obedece a política de estrutura global do passivo desejada pela empresa.

f) Risco de Câmbio sobre a Moeda da Dívida. Este critério diz respeito ao fato de que os financiamentos para aquisição de aviões são, na grande maioria dos casos, pagos em moeda estrangeira, e que no longo prazo pode haver mudanças no câmbio da moeda na qual foi contratado o empréstimo, com relação à moeda nacional.

Para se proteger contra este risco, utilizam-se procedimentos de cobertura e redução do risco (tipos de seguros contra o risco de câmbio), e métodos práticos, tais como a seleção da moeda do financiamento baseada naquelas divisas que são excedentes para a companhia aérea.

g) Escolha do Credor (Contra-Partida). Para as companhias aéreas a reputação do credor é muito importante, uma vez que em certos tipos de financiamento ele detém a propriedade da aeronave. Assim, se este não honra suas dívidas, seus credores podem requisitar o avião. Este critério é também conhecido como risco de contra-partida.

h) Nível de Endividamento Externo do País. Este critério particular ao caso das companhias brasileiras, traz sérias implicações ao custo da operação, pois é baseado na metodologia de determinação do risco país elaborada pelas instituições financeiras internacionais. Ora, o risco país é um dos principais elementos que os bancos e instituições financeiras consideram ao fixar as taxas de juros para os financiamentos. Em geral, países com alto grau de endividamento representam riscos elevados, aumentando assim o custo do financiamento para suas empresas. Isto influencia o custo e pode determinar a escolha de determinado tipo de financiamento em detrimento de outro, uma vez que as dívidas contraídas em leasing não entram no cálculo da dívida externa, enquanto que as dívidas relativas a empréstimos bancários são nela

computadas. Desta maneira, os financiamentos em leasing tornam-se mais atrativos, pois não incorporam a análise do risco país dentro do cálculo dos custos da operação.

O número de critérios que envolvem o problema atende ao limite cognitivo máximo proposto por Keeney e Raiffa (1976) de  $7 \pm 2$ . Assim, parte-se para a construção da estrutura hierárquica do problema, a qual é exposta na figura 2.

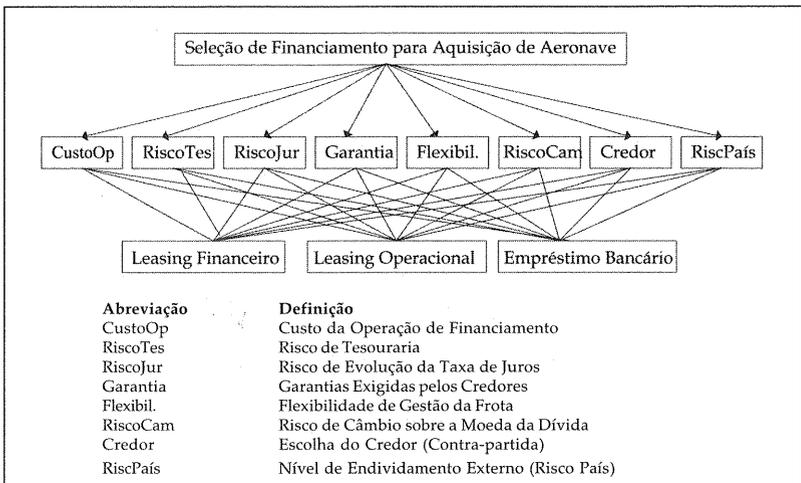


FIGURA 2  
Estrutura hierárquica do problema de escolha de financiamento para aquisição de aeronaves

#### 4. A FASE DE AVALIAÇÃO DO PROBLEMA

A fase de avaliação do problema está assim dividida: a) determinação da importância relativa dos critérios; b) determinação do nível de preferência das alternativas; c) valoração global das alternativas.

a) Determinação da importância relativa dos critérios. Os procedimentos de comparação paritária entre os critérios, utilizando-

se a escala de julgamentos do quadro 1, resultaram na matriz exposta no quadro 3.

	CustoOp	RiscoTes	RiscoJur	Garantia	Flexibil.	RiscoCam	Credor	RiscPaís
CustoOp	1	5	9	7	3	6	9	5
RiscoTes	1/5	1	7	5	1/3	5	7	3
RiscoJur	1/9	1/7	1	2	1/6	1/3	3	1/4
Garantia	1/7	1/5	1/2	1	1/6	1/3	3	1/5
Flexibil.	1/3	3	6	6	1	5	7	3
RiscoCam	1/6	1/5	3	3	1/5	1	3	1/2
Credor	1/9	1/7	1/3	1/3	1/7	1/3	1	1/7
RiscPaís	1/5	1/3	4	5	1/3	2	7	1

### QUADRO 3

Matriz de comparação paritária entre os critérios

A resolução da matriz de comparações paritárias entre os critérios gerou os índices de importância relativa mostrados na figura 3. O índice de inconsistência dos julgamentos apontou para um nível de 0,08, o qual é tolerado pelo AHP (Saaty, 1991).

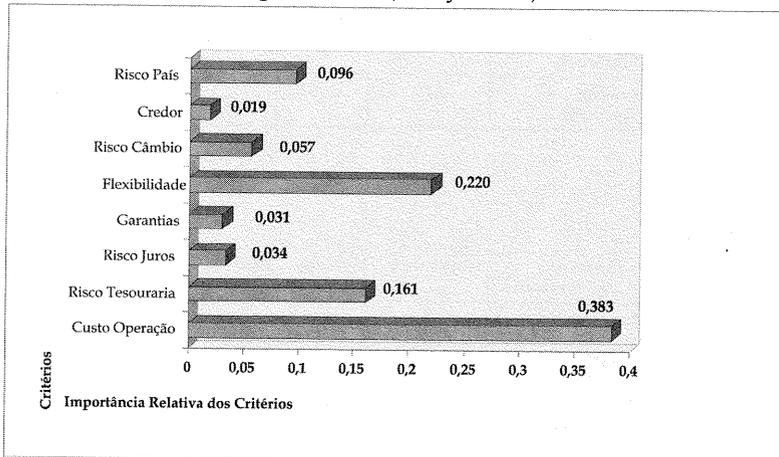


FIGURA 3

Índices de importância relativa dos critérios

Assim, verifica-se que, de acordo com os julgamentos feitos, os critérios para escolha do financiamento para aquisição de aeronaves apresentam a seguinte ordem de importância: 1) Custo da Operação do

Financiamento (38,3%); 2) Flexibilidade de Gestão da Frota (22,0%); 3) Risco de Tesouraria (16,1%); 4) Nível de Endividamento Externo - Risco País (9,6%); 5) Risco de Câmbio (5,7%); 6) Risco de Evolução da Taxa de Juros (3,4%); 7) Garantias Exigidas pelos Credores (3,1%); e 8) Escolha do Credor (1,9%).

b) Determinação do nível de preferência das alternativas. Nessa fase, é feita a comparação paritária entre as alternativas de financiamento disponíveis para a aquisição de aeronaves, que são: Leasing Financeiro, Leasing Operacional e Empréstimo Bancário.

As comparações das alternativas são feitas em cada um dos critérios, de acordo com a escala de julgamento do quadro 1, resultando em oito matrizes, conforme os quadros 4.a e 4.b.

<b>Critério: Custo Operacional</b>	Empréstimo	Leasing Financeiro	Leasing Operacional
Empréstimo	1	1/7	3
Leasing Financeiro	7	1	9
Leasing Operacional	1/3	1/9	1

<b>Critério: Risco Tesouraria</b>	Empréstimo	Leasing Financeiro	Leasing Operacional
Empréstimo	1	1/4	1/2
Leasing Financeiro	4	1	3
Leasing Operacional	2	1/3	1

#### QUADRO 4.a

Matrizes de comparação paritária das alternativas nos critérios

<b>Critério: Risco Juros</b>	Empréstimo	Leasing Financeiro	Leasing Operacional
Empréstimo	1	1/7	1/7
Leasing Financeiro	7	1	2
Leasing Operacional	7	1/2	1

<b>Critério: Garantias</b>	Empréstimo	Leasing Financeiro	Leasing Operacional
Empréstimo	1	1/7	1/9
Leasing Financeiro	7	1	1/3
Leasing Operacional	9	3	1

<b>Critério: Flexibilidade</b>	Empréstimo	Leasing Financeiro	Leasing Operacional
Empréstimo	1	9	6
Leasing Financeiro	1/9	1	1/2
Leasing Operacional	1/6	2	1

<b>Critério: Risco Câmbio</b>	Empréstimo	Leasing Financeiro	Leasing Operacional
Empréstimo	1	1/2	1/5
Leasing Financeiro	2	1	1/4
Leasing Operacional	5	4	1

<b>Critério: Credor</b>	Empréstimo	Leasing Financeiro	Leasing Operacional
Empréstimo	1	1/5	2
Leasing Financeiro	5	1	7
Leasing Operacional	1/2	1/7	1

<b>Critério: Risco País</b>	Empréstimo	Leasing Financeiro	Leasing Operacional
Empréstimo	1	1/9	1/9
Leasing Financeiro	9	1	1/2
Leasing Operacional	9	2	1

#### QUADRO 4.b

Matrizes de comparação paritária das alternativas nos critérios

Uma vez que todos os cálculos foram efetuados e os índices de inconsistência ficaram dentro dos parâmetros sugeridos pelo modelo, obtiveram-se os níveis de preferência das alternativas em cada um dos critérios do problema. Esses níveis de preferência podem ser visualizados no quadro 5.

	Custo da Operação	Risco de Tesouraria	Risco de Juros	Garantia	Flexibilidade Gestão	Risco de Câmbio	Escolha Credor	Risco País
Leasing Financeiro	0,785	0,625	0,574	0,290	0,079	0,200	0,740	0,367
Leasing Operacional	0,066	0,238	0,361	0,655	0,143	0,683	0,094	0,582
Empréstimo Bancário	0,149	0,136	0,065	0,055	0,779	0,117	0,167	0,051

QUADRO 5

Nível de preferência das alternativas nos critérios

c) Valoração global das alternativas. A valoração global de cada alternativa é feita pela soma ponderada dos índices de importância relativa dos critérios e dos níveis de preferência das alternativas em cada um dos critérios, conforme a equação (1).

Os resultados finais (vide figura 4) mostram que o Leasing Financeiro (0,508) representa a melhor alternativa de financiamento para aquisição de aeronaves; enquanto que o Empréstimo Bancário (0,269) é a segunda melhor alternativa; e o Leasing Operacional (0,223) ocupa a última colocação.

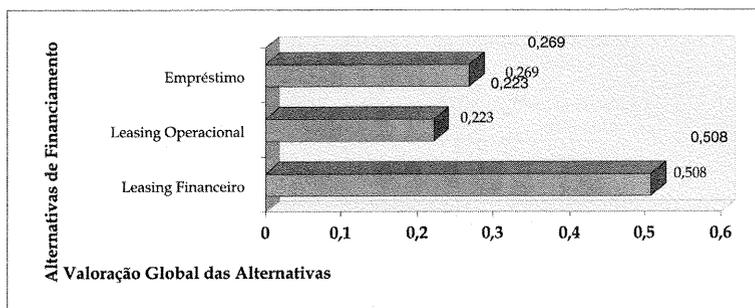


FIGURA 4

Valoração global das alternativas de escolha de financiamento para aquisição de aeronaves

Os resultados alcançados pelo modelo foram baseados nos julgamentos do decisor, exprimindo suas preferências e valores. Devido ao alto grau de subjetividade do processo, é necessário que os resultados sejam devidamente analisados. Uma das ferramentas empregadas para esse fim é a “análise de sensibilidade”.

## 5. A ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS RESULTADOS ALCANÇADOS

A análise de sensibilidade é aplicada neste estudo de duas formas: a) na análise do desempenho das alternativas para cada um dos critérios; e b) na investigação de sensibilidade do modelo a variações nos índices de importância relativa dos critérios.

a) Análise do desempenho das alternativas para cada um dos critérios. Analisando-se a figura 5, que mostra o desempenho das alternativas para cada um dos critérios, nota-se que o Leasing Financeiro dominou as demais alternativas na maioria dos critérios. No entanto, o Leasing Financeiro foi dominado pela alternativa Leasing Operacional nos critérios Garantias, Risco de Câmbio e Risco País, e também foi dominado pela alternativa Empréstimo Bancário no critério Flexibilidade de Gestão da Frota. Embora o Leasing Financeiro não tenha exercido a dominância na totalidade dos critérios, o mesmo manteve sua primeira colocação na avaliação global, visto essa metodologia ser “compensatória”. Isto é, as deficiências do Leasing Financeiro nos critérios em que foi dominado foi “compensada” pelo seu desempenho mais eficiente em critérios de mais alta ponderação, como ocorreu principalmente com o critério Custo da Operação do Financiamento, de importância relativa de 38,3%.

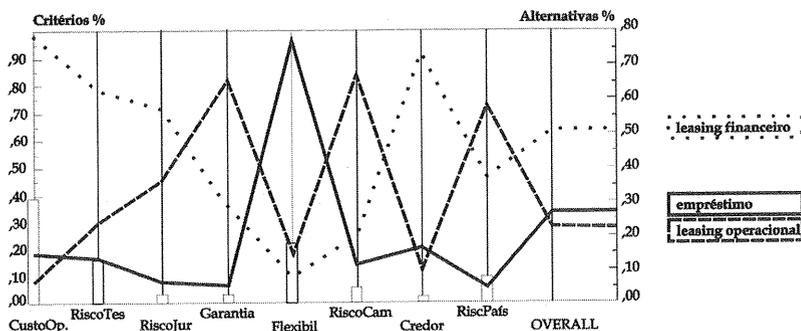


FIGURA 5

Desempenho das alternativas em cada um dos critérios

b) Investigação da sensibilidade do modelo a variações nos índices de importância relativa dos critérios. Buscando-se analisar as repercussões que as variações nos índices de importância relativa dos critérios irão ocasionar no desempenho das alternativas, foram elaborados os gráficos 1 a 8, os quais compõem a figura 6.

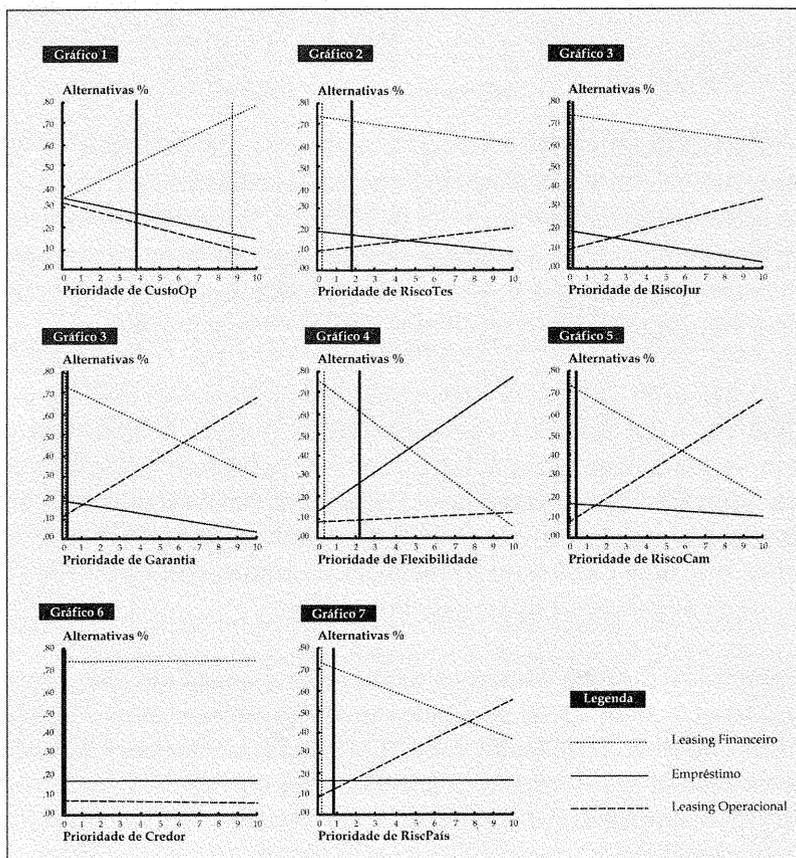
Em cada um dos gráficos, o eixo das ordenadas representa o valor do nível de preferência das alternativas. No eixo das abcissas está plotado o índice de importância relativa do critério analisado. A linha vertical do gráfico representa o valor do índice de importância relativa do critério analisado, e as linhas horizontais representam as alternativas.

Na análise dos gráficos 1, 2, 3 e 7, verifica-se que para quaisquer variações nos índices de importância dos critérios Custo da Operação do Financiamento, Risco de Tesouraria, Risco de Juros e Escolha de Credor, a alternativa Leasing Financeiro sempre dominará as alternativas Empréstimo e Leasing Operacional.

Na análise dos gráficos 4, 6 e 8 evidencia-se que a alternativa Leasing Financeiro mantém sua dominância sobre as demais alternativas até que as variações nos índices de importância relativa dos critérios ultrapassem os seguintes níveis: 0,630 no critério Garantias, 0,550 no

critério Risco de Câmbio, e 0,740 no critério Risco País. Nesses casos, o Leasing Operacional passará a dominar as demais alternativas.

A análise do gráfico 5 indica que o Leasing Financeiro domina as demais alternativas até que a variação no índice de importância relativa do critério Flexibilidade de Gestão da Frota atinja 0,460. Para variações acima desse nível, a alternativa Empréstimo Bancário passará a dominar as demais alternativas.



**FIGURA 6**  
Gráficos indicadores das repercussões de variações nos índices de importância relativa dos critérios nas alternativas

Essas análises indicam que o sistema é estável. Isto pode ser visualizado pela amplitude das faixas de tolerância nas quais os níveis de importância relativa dos critérios podem variar sem afetar a classificação das alternativas de escolha de financiamento analisadas.

## 6. CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que, em problemas complexos, como o da escolha do financiamento para aquisição de aeronaves em companhias aéreas brasileiras, é adequado o uso de métodos multicritérios no apoio à tomada de decisão.

Dos instrumentos disponíveis, o método AHP demonstrou ser especialmente indicado para o tratamento de problemas que envolvem variáveis de diferentes dimensões quantitativas e qualitativas. A forma de agregação dessas variáveis exigiu que o decisor participasse ativamente no processo de estruturação e avaliação do problema, o que contribuiu para validar os resultados propostos pelo modelo.

A participação do decisor neste problema decisório foi intensa, pois além do AHP ter uma fundamentação teórica desprovida de complexidade, o método oferece um *software* poderoso para auxiliar em sua aplicação. As críticas ao AHP referem-se exatamente à sua simplicidade, onde é questionado seu rigorismo teórico (Ehrlich, 1996), sendo que uma das maiores limitações criticadas está no uso de sua escala de julgamentos de 1 a 9 (Belton, 1986).

Embora o AHP tenha limitações, o mesmo se adequou devidamente ao problema avaliado, e os resultados finais apontaram para o Leasing Financeiro como a melhor alternativa de financiamento para a aquisição de aeronaves em companhias aéreas brasileiras. Em segundo lugar figura o Empréstimo Bancário e em terceiro lugar o Leasing Operacional.

Sabendo-se que os julgamentos de valor são mutantes no tempo, foi realizada uma análise de sensibilidade dos resultados propostos pelo

modelo. Essa análise consistiu na investigação das faixas de tolerância nas quais a variação no nível de importância relativa dos critérios não influenciava a classificação final das alternativas. Os resultados da análise de sensibilidade mostraram que o sistema é estável a consideráveis perturbações, em função da amplitude das faixas de tolerância identificadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMACOST, R., HOSSEINI, J.** [1994] Identification of determinant attributes using the analytic hierarchy process. *Journal of the Academy of Marketing Science*, Sage Pub., v. 22, p. 383-393.
- BELTON, V.** [1986] A Comparison of the Analytic Hierarchy Process and a Simple Multiattribute Value Function. *European Journal of Operational Research*, North-Holland, v. 26, p. 7-21.
- BRANS, J.P., VINCKE, PH.** [1985] A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*, vol. 31, n.6, p. 647-657.
- BRYSON, N.** [1996] Group Decision-Making and the Analytic Hierarchy Process: Exploring the Consensus-Relevant Information Content. *Computer Operations Research*, Pergamon, vol. 23, n.1, p. 27-35.
- DYER, R.F., FORMAN, E.H., et al.** [1992] Decision support for media selection using the analytic hierarchy process. *Journal of Advertising*, CTC Press, vol. 21, n.1, p. 59-73.
- EHRlich, P.J.** [1996] Modelos Quantitativos de Apoio às Decisões II. *RAE - Revista de Administração de Empresas*, FGV-São Paulo, vol. 36, p. 44-52.
- EMSHOFF, J.R., SAATY, T.L.** [1982] Applications of the Analytic Hierarchy Process to Long Range Planning Processes. *European Journal of Operational Research*, North-Holland, vol. 10, p. 131-143.
- EXPERT CHOICE.** [1995] *Decision Support Software*. Pittsburgh: Expert Choice Inc.

- GRANEMANN, S.R.** [1994] *De L'opportunité du leasing comme moyen de financement des flottes aériennes commerciales: Le cas des compagnies bresiliennes*. Thèse de Doctorat en Sciences Économiques de L'Université d'Aix-Marseille II, CRET, Aix-en-Provence.
- KEENEY, R.L., RAIFFA, H.** [1976] *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. John Wiley & Sons Ltd.
- JOHNSON, R., SRINIVASAN, V., et. al.** [1990] Sovereign debt ratings: A judgemental model based on the analytic hierarchy process. *Journal of International Business Studies*, v.21, n.1, p. 95-119.
- ROY, B.** [1991] The Outranking Approach and The Foundations of Electre Methods. *Theory and Decision*, v. 31, p. 49-73.
- SAATY, T.L.** [1990] How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, North Holland, vol. 48, p. 9-26.
- SAATY, T.L.** [1991] *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: Makron Books, 367p.
- VARGAS, L.G.** [1990] An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. *European Journal of Operational Research*, North-Holland, vol. 48, p. 2-8.