

MINIMIZAÇÃO DE RISCOS DE INVESTIMENTOS EM CARTEIRA DE AÇÕES ATRAVÉS DA PESQUISA OPERACIONAL

Noerbeck Motta Júnior

Ualison Rébula de Oliveira

Ruben H. Gutierrez

Associação Educacional Dom Bosco - AEDB

Resumo

Na atual situação econômica do país, com inflação controlada e taxa básica de juros declinante, os títulos de renda fixa têm cedido cada vez mais seu lugar para os títulos de renda variável. Entretanto, quando o assunto é mercado de ações, o grande problema está exatamente na inexperiência da maioria das pessoas em como minimizar o risco desse tipo de investimento. Nesse aspecto é que se justifica a utilização da Pesquisa Operacional, uma vez que sua premissa básica é o auxílio à tomada de decisão. Sua abordagem implica em uma análise detalhada dos componentes do problema, alinhando-os em uma estrutura lógica para que então, seja aplicada uma metodologia adequada ao tipo de problema. Na seleção de ações para investimento, a Pesquisa Operacional permite escolher a melhor combinação de ativos sob a ótica da Teoria das Carteiras de Markowitz, ou seja, o risco de uma carteira depende do risco de cada elemento que a compõe, de sua participação no investimento total e da forma com que seus componentes se relacionam entre si. Nesse âmbito, utiliza-se de planilhas eletrônicas e do Suplemento Solver do Excel, que permitem facilmente abordar todas as análises necessárias à seleção de carteira de ações otimizadas.

Palavras-Chave: Carteira de Ações; Diversificação; Riscos; Pesquisa Operacional.

Introdução

No mundo globalizado de hoje a necessidade de tomada de decisão de maneira rápida e eficiente tem trazido a tona formas e processos que de uma forma ou outra, estariam restritos à poucos. Percebe-se que a utilização da Pesquisa Operacional é cada vez mais abrangente em ramos até então impensáveis como saúde, finanças entre outras, onde se tem mostrado excepcional no auxílio à tomada de decisão (MOREIRA, 2007).

A premissa básica da Pesquisa Operacional é o auxílio à tomada de decisão, sabendo-se que a escolha do método pode influenciar o resultado e assim modificar a decisão. Daft (2003) afirma que “a tomada de decisão organizacional é formalmente definida com processo de identificação e solução dos problemas”. Longaray & Beuren (2001) defendem que “uma decisão levada a bom termo, deve ser aquela que representa os anseios de seu decisor e das partes envolvidas”. Já Shimizu (2006) advoga que “o processo de decisão em uma empresa ou organização deve ser estruturado e resolvido de modo formal, detalhado, consistente e transparente”.

Segundo Machline *et al.* (1994) “muitas decisões são complexas, porque envolvem objetivos múltiplos, permitem numerosos cursos de ação, produzem resultados incertos, são baseados em dados duvidosos ou tem de ser tomadas em grupo”. Nesse aspecto é que se justifica a utilização da Pesquisa Operacional, uma vez que esta implica em uma análise detalhada dos componentes do problema, alinhando-os em uma estrutura lógica para que então, seja aplicada uma metodologia adequada ao tipo de problema, aí então, o resultado encontrado será avaliado em uma tomada de decisão.

De inúmeras decisões complexas de nosso cotidiano, uma está relacionada ao investimento de recursos. Um adágio nesse universo é que os detentores de capital sempre desejarão o maior retorno e o menor risco para qualquer tipo de investimento a ser realizado. Reportando-se ao investimento no mercado de ações, precisamente à seleção de carteira de ações, uma decisão abstrusa é decidir em quais ativos e em que proporção investir. Segundo Gitman & Madura (2003), seleção de carteiras é uma análise de como se pode investir recursos em mais de uma ação (diversificação) de forma a obter-se o maior retorno ao menor risco possível.

A partir da Teoria de Portfólio de Markowitz de 1952, o conceito de diversificação em ações ficou mais bem aplicado. Até aquele momento imaginava-se que o risco de uma carteira era oriundo da soma das médias proporcionais dos riscos de cada ativo incluído na carteira de ações. Entretanto, observou-se que quanto maior a diversificação com ativos correlacionados negativamente, menores eram os riscos apresentados pela carteira. O grande problema nessa análise, principalmente para aquela época, estava na complexidade das simulações das diferentes proporções de ações, nos cálculos de suas variâncias, covariâncias e correlações, até se atingir o menor nível de risco da carteira, o que exigia um grande esforço – O que não é problema para os dias atuais devido aos recursos computacionais de nossa era.

Nesse contexto, este trabalho visa aliar os conceitos de Pesquisa Operacional à análise de seleção de carteira de ações, utilizando recursos computacionais de fácil acesso (planilha Excel) para minimização de risco segundo os preceitos estabelecidos pela Teoria das Carteiras de Markowitz.

A abordagem adotada nessa pesquisa une a teoria à prática a partir do momento que busca operacionalizar os conceitos teóricos, possibilitando que mesmo os usuários pouco familiarizados com estes conceitos sejam capazes de aplicar a Pesquisa Operacional na seleção de carteiras de investimento.

Por fim, através da escolha de quinze ações para compor uma carteira de ações, procurou-se mostrar que a diversificação de ativos melhora o desempenho de um investimento.

Pesquisa Operacional: história, definições, aplicações e exemplificação

Conforme Moreira (2007), a origem da Pesquisa Operacional pode ser encontrada há quase 70 anos: aparentemente, o termo *Pesquisa operacional* foi cunhado ainda em 1938, para descrever o uso de cientistas na análise de situações militares.

No Brasil a pesquisa operacional teve início com o Primeiro Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em 1968 no ITA, em São José dos Campos, SP, sendo seguida, pela criação da SOBRAPO (sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional), que publica o periódico científico *Pesquisa Operacional* há mais de 25 anos.

Resumidamente, Lachtermacher (2007), Arenales *et al.* (2007), Andrade (2004), definem que a Pesquisa Operacional procura determinar como melhor projetar e operar um sistema, usualmente sob condições que requerem a alocação de recursos escassos.

A nível de associações ou sociedades de classe, pode-se se distinguir diferenças entre as definições européias e americanas, no caso da EURO, esta define Pesquisa operacional como uma abordagem científica para a solução de problemas no gerenciamento de sistemas complexos. De forma sucinta, pode-se dizer que pesquisa operacional é um enfoque científico sobre tomada de decisões (ARENALES *et al.*, 2007).

Já a americana INFORMS, define pesquisa operacional e ciências de administração como disciplinas profissionais que tratam da aplicação da tecnologia da informação para a tomada de decisão (ARENALES *et al.*, 2007).

A aplicação de modelos matemáticos na resolução de problemas é uma característica inerente a Pesquisa Operacional, aplicando conceitos matemáticos para representar de forma visível os eventos.

Além disso, Arenales; *et al.* (2007) comenta que o “modelo matemático é uma representação simplificada (abstração) do problema real”, e também que “a pesquisa operacional e, em particular, a programação matemática tratam de problemas de decisão e faz uso de modelos matemáticos que procuram representar (em certo sentido, imitar) o problema real”.

Segundo Lachtermacher (2007), as construções dos modelos matemáticos de Pesquisa Operacional envolvem a função objetivo, representada por:

$$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

A função objetivo tem como finalidade valorar as variáveis de forma a atender aos resultados esperados, que pode ser de maximizar determinados recursos como receita, lucratividade, etc., ou minimizar recursos como custos, tempo, distâncias, etc.

Um exemplo seria a necessidade de uma metalúrgica de encontrar a produção ótima para cada um dos três artigos que fabrica: pregos, parafusos e alfinetes, ou seja, obter o máximo de receita com os seus produtos, sabendo que pregos tem uma receita de \$ 10, parafusos tem uma receita de \$ 12 e o alfinetes uma receita de \$ 13.

A formulação da função objetivo começará com o levantamento das variáveis de decisão, que neste caso serão as quantidades produzidas de cada produto, a serem descobertas.

- Pregos $\rightarrow x_1$
- Parafusos $\rightarrow x_2$
- Alfinetes $\rightarrow x_3$

A declaração da função objetivo se inicia com a finalidade desta, maximização ou minimização, seguida das somas das variáveis de decisão multiplicadas pela receita unitária de cada produto.

$$\text{Max } Z = 10x_1 + 12x_2 + 13x_3 \quad (2)$$

Pode-se propor, já que a necessidade é maximizar a receita, que se devem produzir apenas alfinetes, cuja receita por unidade é \$ 13. Poderia ser assim se não houvesse as restrições de recursos, demanda, entre outras, que impediria a metalúrgica de produzir apenas este produto.

Também como parte da formulação matemática do problema, tem-se as restrições, que são limites impostos pelo problema, caracterizado pela escassez de recursos, podendo ser representado da seguinte forma:

$$\begin{Bmatrix} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ g_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \geq \\ \cdot \\ = \\ \cdot \\ \leq \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{Bmatrix} \quad (3)$$

Seguindo o raciocínio do problema anterior, pode-se incluir várias restrições:

- A capacidade de produção da metalúrgica, conforme segue:
 - Pregos – 15.000 unidades;
 - Parafusos – 20.000 unidades;
 - Alfinetes – 40.000 unidades;

Que podem ser representados matematicamente desta maneira:

Restrições do modelo:

$$X_1 \leq 15.000$$

$$X_2 \leq 20.000$$

$$X_3 \leq 40.000$$

Gonçalves Jr. *et al.* (2002) ainda recomendam que “antes da construção de um modelo matemático deve-se responder a 4 perguntas”:

- Qual é a medida de efetividade do objetivo? Como será expressa a solução do problema.
- Quais são os fatores sob controle (variáveis controladas)?
- Quais são os fatores não controlados?
- Quais são as relações entre estes fatores e os objetivos?

A aplicabilidade da Pesquisa Operacional não fica restrita a um só campo de pesquisa, podem-se encontrar aplicações em: alocação de recursos como em Melo *et al.* (2006), gestão financeira em Adamowic *et al.* (2002) e em Lima & Marques (2002), análise da eficiência dos recursos humanos disponíveis apresentado em Moita (2002) e Niederauer (2002), problemas de transporte como citado em Azambuja (2002), entre outros.

Risco e Retorno

Na maior parte dos investimentos, um indivíduo ou empresa faz aplicações de recursos financeiros na expectativa de um resultado futuro, esperando sempre um maior nível de retorno e um menor nível de risco (AZAMBUJA, 2002) (ROSS *et al.*, 2000). Nesse aspecto, nenhum investimento será empreendido a menos que a taxa esperada de retorno seja suficientemente alta para compensar o investidor pelo risco percebido no investimento (BRIGHAM *et al.*, 2001).

O risco decorre da possibilidade de que o valor a se realizar, para taxa de retorno, difira do valor esperado (AZAMBUJA, 2002). O risco de investimento, então, está relacionado à probabilidade dos retornos efetivos serem menores do que o retorno esperado – quanto maior a chance de um retorno baixo ou negativo, mais arriscado é o investimento (BRIGHAM *et al.*, 2001).

Segundo Ross *et al.* (2000), o risco, no mercado financeiro, pode ser conceitualmente dividido em risco diversificável e risco não diversificável. O risco diversificável, também denominado de risco não-sistemático, refere-se aos riscos que afetam um pequeno número de empresas. Já o risco não diversificável (sistemático), refere-se a acontecimentos que afetam o mercado como um todo, como por exemplo, o aumento da taxa básica de juros do país, o aumento de impostos ou a queda no PIB. Esse conceito de diversificação aplica-se na formação de carteira de ações, onde é possível combinar ativos de forma a reduzir o risco final do investimento. Nesse momento, na diversificação de ativos para a redução de riscos, ressalta-se a contribuição das pesquisas de Markowitz (1952), que descobriu que a

combinação de ativos minimamente correlacionados em uma carteira de ações diminua o risco total do investidor.

Segundo Azambuja (2002), Ross *et al.* (2002) e Brigham *et al.* (2001) uma carteira é uma combinação de ativos, onde o retorno esperado de uma carteira é simplesmente uma média ponderada dos retornos esperados dos títulos que a compõem, conforme a representação matemática a seguir.

$$\text{Retorno esperado de uma carteira} = \bar{k}_p = \sum_{i=1}^n w_i \bar{k}_i \quad (4)$$

Onde $\bar{k}_p$ é o retorno esperado da carteira de ações;

w_i é a proporção investida em cada ação e

$\bar{k}_i$ é o retorno esperado de cada ação

Entretanto, diferente dos retornos, o risco de uma carteira σ_p , geralmente não é a média ponderada dos desvios-padrão dos ativos individuais da mesma; o desvio-padrão da carteira será menor do que a média ponderada dos σ 's dos ativos (BRIGHAM *et al.* , 2001). A representação matemática do desvio-padrão da carteira pode ser observado na fórmula a seguir:

$$\sigma_p = [(w_x^2 \times \sigma_x^2) + (w_y^2 \times \sigma_y^2) + 2 \times w_x \times w_y \times COV_{x,y}]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Onde:

w_x, w_y = respectivamente, participação do ativo X e do ativo Y no portfólio;

σ_x^2, σ_y^2 = variância dos retornos dos ativos X e Y, respectivamente;

$COV_{x,y}$ = covariância entre os ativos X e Y

$$\rho_{x,y} = \frac{COV_{x,y}}{\sigma_x \times \sigma_y} \quad (6)$$

$$COV_{x,y} = \rho_{x,y} \times \sigma_x \times \sigma_y \quad (7)$$

Dessa forma, o risco de uma carteira depende não somente do risco de cada elemento que a compõe e de sua participação no investimento total, mas também da forma com que seus componentes se relacionam entre si (ASSAF NETO, 2003). Conforme Brigham *et al.* , 2003 a tendência de duas variáveis moverem-se juntas é chamado correlação, e o coeficiente de correlação mede essa tendência.

Correlação é uma medida estatística da relação entre duas séries quaisquer de números. Os números podem representar dados de qualquer tipo, de retorno de investimento a pontuações de teste. Se duas séries se movem na mesma direção, são positivamente correlacionadas; se duas séries se movem em direções opostas, são negativamente correlacionadas (LAPPONI, 2005).

O grau de correlação é medido pelo coeficiente de correlação, que varia de +1 para correlação positivamente perfeita, a -1, para séries com correlação negativamente perfeita. Esses dois extremos são retratados na Figura 1. As séries sem correlação positivamente perfeita se movem exatamente juntas; as séries com correlação negativamente perfeita se movem em direções opostas.

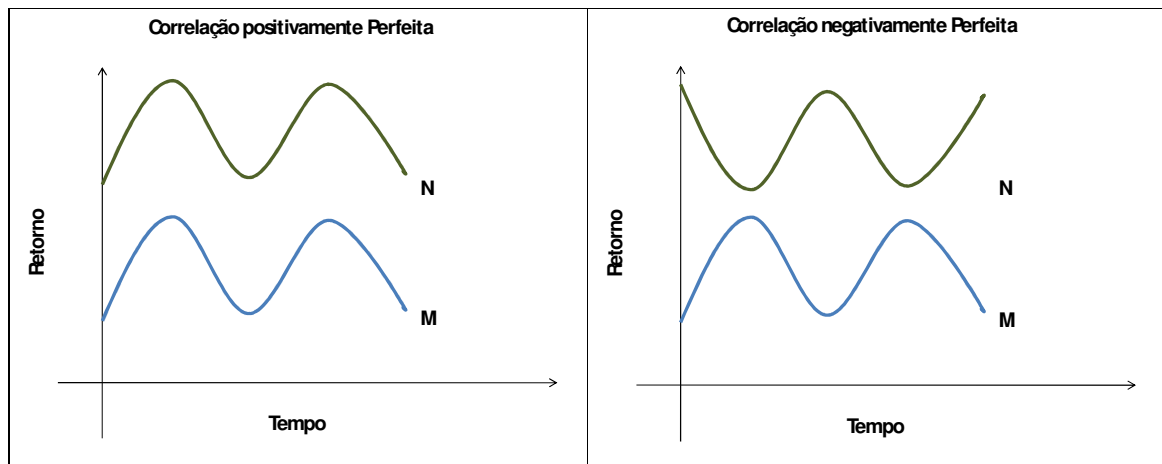


Figura 1: Correlação positiva
 Fonte: Gitman & madura (2003)

O conceito de correlação é essencial para desenvolver a carteira eficiente. Para reduzir o risco geral, é melhor combinar – ou acrescentar à carteira – ativo que tenha uma correlação negativa (ou positiva baixa) (ROSS *et al.*, 2000). Segundo Gonçalves Jr. (2002), combinar ativos negativamente correlacionados pode reduzir a variabilidade geral de retornos. Mesmo que os ativos não sejam negativamente correlacionados, quanto menor for a correlação positiva entre eles, menor será o risco resultante. Além disso, existem ainda os ativos não correlacionados – não há interação entre seus retornos. Combinar ativos não correlacionados pode reduzir o risco, embora não tão efetivamente quanto combinar ativos negativamente correlacionados.

Com isso surge a idéia de “*Fronteira Eficiente*”, que seria a curva onde estariam focalizados todos os ativos ou carteiras que possuem a melhor relação risco – retorno, ou seja, dado um nível de retorno obtêm-se a carteira com menor nível de risco, conforme é ilustrado na combinação de duas ações (Xsupertech e Xslowpoke) na Figura 2.

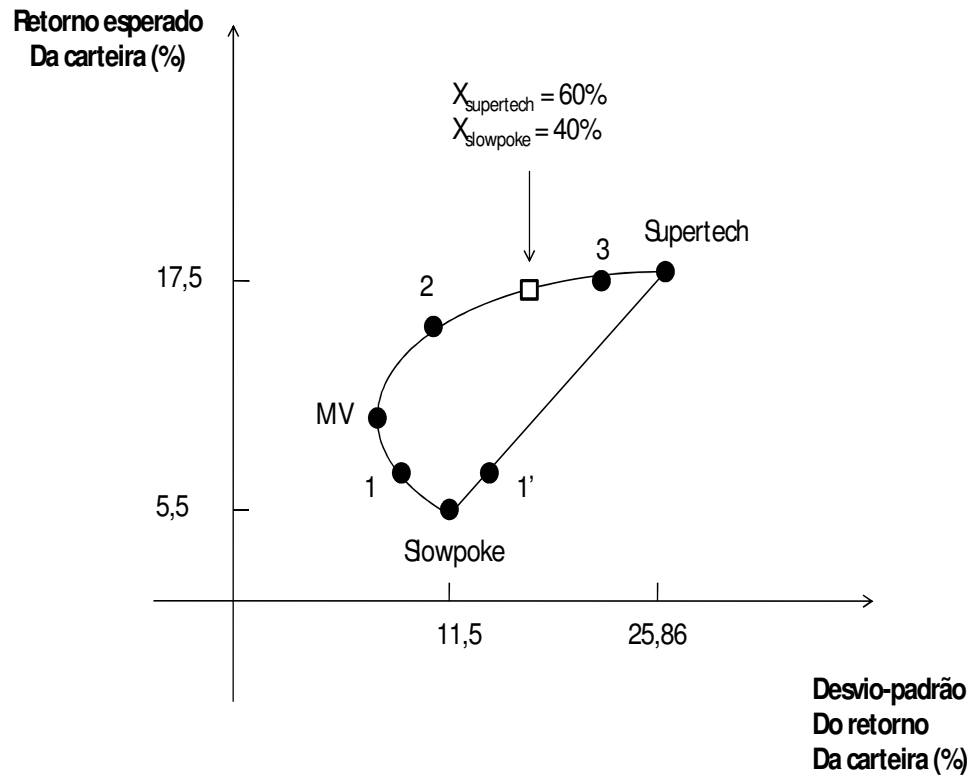


Figura 2: Fronteira Eficiente
Fonte: Ross *et al.* (2002)

Considerando as premissas de mercado eficiente, percebe-se que a curva da fronteira eficiente contém as carteiras com menor nível de risco e maior nível de retorno. A curva representa as melhores carteiras para diferentes perfis de risco.

Assim, uma vez estimados os parâmetros dos ativos, ou seja, os retornos, riscos (variâncias) e as covariâncias, é possível encontrar uma série de carteiras alterando-se somente os valores das composições de capital investido em cada ação.

Aplicação da Pesquisa Operacional à solução do problema

O ponto de partida é a coleta de dados das ações – informações quanto a retorno de “n” períodos –, conforme é apontado nas Figuras 3.1 e 3.2 e a preparação estatística dos dados, conforme é mostrado na Figura 5.

BBD4	Bradesco PN N1	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento	Varição %
	(R\$)	Mensal
02/05/2007	44,20	8,15%
02/04/2007	40,87	8,09%
02/03/2007	37,81	-11,82%
02/02/2007	42,88	-3,83%
02/01/2007	44,59	11,92%
01/12/2006	39,84	3,83%
01/11/2006	38,37	4,49%
02/10/2006	36,72	3,23%
01/09/2006	35,57	-0,84%
02/08/2006	35,87	3,16%
03/07/2006	34,77	-1,89%
02/06/2006	35,44	-9,45%
02/05/2006	39,14	

BTP4	Brasil T Par PN N1	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento	Varição %
	(R\$)	Mensal
02/05/2007	21,33	14,2%
02/04/2007	18,67	11,6%
02/03/2007	16,73	-3,3%
02/02/2007	17,3	-5,8%
02/01/2007	18,37	22,9%
01/12/2006	14,95	5,2%
01/11/2006	14,21	14,0%
02/10/2006	12,47	1,6%
01/09/2006	12,27	0,2%
02/08/2006	12,24	-6,1%
03/07/2006	13,04	0,0%
02/06/2006	13,04	-15,7%
02/05/2006	15,46	

CMIG4	Cemig PN N1	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento	Varição %
	(R\$)	Mensal
02/05/2007	71,06	17,8%
02/04/2007	60,33	-3,5%
02/03/2007	62,51	1,1%
02/02/2007	61,85	-3,7%
02/01/2007	64,22	10,4%
01/12/2006	58,19	1,2%
01/11/2006	57,52	10,9%
02/10/2006	51,85	-6,5%
01/09/2006	55,48	-2,9%
02/08/2006	57,12	-1,2%
03/07/2006	57,79	4,1%
02/06/2006	55,30	-8,3%
02/05/2006	60,52	

DURA4	Duralex PN N1	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento	Varição %
	(R\$)	Mensal
02/05/2007	45,5	8,4%
02/04/2007	41,99	5,2%
02/03/2007	39,9	-8,1%
02/02/2007	43,42	28,8%
02/01/2007	33,71	18,4%
01/12/2006	28,46	10,4%
03/11/2006	25,79	5,1%
02/10/2006	24,54	10,5%
01/09/2006	22,21	7,9%
02/08/2006	20,59	3,1%
03/07/2006	19,98	1,9%
02/06/2006	19,61	-14,1%
02/05/2006	22,84	

EMBR3	Embraer ON NM	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento	Varição %
	(R\$)	Mensal
02/05/2007	24,28	3,8%
02/04/2007	23,40	-0,8%
02/03/2007	23,59	9,3%
02/02/2007	21,58	-1,2%
02/01/2007	21,85	0,7%
01/12/2006	21,69	-1,2%
01/11/2006	21,95	3,8%
02/10/2006	21,14	1,2%
01/09/2006	20,88	13,2%
02/08/2006	18,45	-5,4%
03/07/2006	19,50	1,6%
02/06/2006	19,20	1,9%
02/05/2006	18,85	

GGBR4	Gerdau PN N1	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento	Var.Dia (%)
	(R\$)	(%)
02/05/2007	40,81	9,2%
02/04/2007	37,36	9,1%
02/03/2007	34,23	-4,3%
02/02/2007	35,78	-1,1%
02/01/2007	36,18	8,3%
01/12/2006	33,40	6,4%
01/11/2006	31,39	8,8%
02/10/2006	28,84	-9,5%
01/09/2006	31,87	-4,9%
02/08/2006	33,52	3,7%
03/07/2006	32,32	-0,3%
02/06/2006	32,42	-9,4%
02/05/2006	35,78	

GOLL4	Gol PN N2	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento	Var.Dia (%)
	(R\$)	(%)
02/05/2007	58,50	-3,8%
02/04/2007	60,80	4,6%
02/03/2007	58,15	-9,9%
02/02/2007	64,51	0,9%
02/01/2007	63,92	7,0%
01/12/2006	59,72	-8,7%
01/11/2006	65,40	-10,1%
02/10/2006	72,72	-1,1%
01/09/2006	73,50	10,3%
02/08/2006	66,65	-12,1%
03/07/2006	75,81	1,4%
02/06/2006	74,77	0,1%
02/05/2006	74,73	

LAME4	Lojas Americanas PN	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento	Var.Dia (%)
	(R\$)	(%)
02/05/2007	136,00	5,1%
02/04/2007	129,49	9,1%
02/03/2007	118,30	-4,1%
02/02/2007	123,40	-0,1%
02/01/2007	123,81	19,1%
01/12/2006	103,79	10,1%
01/11/2006	94,37	6,1%
02/10/2006	88,92	-3,1%
01/09/2006	91,89	10,1%
02/08/2006	82,99	3,1%
03/07/2006	80,28	0,1%
02/06/2006	80,08	-8,1%
02/05/2006	87,74	

Figura 3.1: Dados de entrada referente a retorno de ações de 12 meses

PETR4	Petrobras PN	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento (R\$)	Var.Dia (%)
02/05/2007	45,61	-0,13%
02/04/2007	45,67	12,07%
02/03/2007	40,75	-13,19%
02/02/2007	46,94	-6,25%
02/01/2007	50,07	12,39%
01/12/2006	44,35	6,71%
01/11/2006	41,75	7,30%
02/10/2006	38,91	-7,69%
01/09/2006	42,15	-3,99%
02/08/2006	43,90	4,82%
03/07/2006	41,88	-2,42%
02/06/2006	42,92	-5,02%
02/05/2006	45,19	

SUBA3	Submarino ON NM	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento (R\$)	Var.Dia (%)
02/05/2007	77,80	10,4%
02/04/2007	70,50	4,1%
02/03/2007	67,73	-1,1%
02/02/2007	68,48	6,7%
02/01/2007	64,21	10,9%
01/12/2006	57,92	47,8%
01/11/2006	39,20	3,6%
02/10/2006	37,84	-3,7%
01/09/2006	39,29	17,9%
02/08/2006	33,33	-11,2%
03/07/2006	37,55	-2,8%
02/06/2006	38,63	-19,9%
02/05/2006	48,23	

USIM5	Usiminas PNA	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento (R\$)	Variação % Mensal
02/05/2007	100,40	0,7%
02/04/2007	99,70	21,0%
02/03/2007	82,40	-2,7%
02/02/2007	84,68	5,8%
02/01/2007	80,03	13,9%
01/12/2006	70,28	-2,9%
01/11/2006	72,36	11,9%
02/10/2006	64,69	-2,9%
01/09/2006	66,59	-4,4%
02/08/2006	69,62	-7,1%
03/07/2006	74,92	0,2%
02/06/2006	74,75	-2,9%
02/05/2006	77,02	

VALE5	Vale Rio Doce PNA N1	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento (R\$)	Variação % Mensal
02/05/2007	70,89	11,3%
02/04/2007	63,69	8,6%
02/03/2007	58,64	-1,3%
02/02/2007	59,43	8,5%
02/01/2007	54,77	11,1%
01/12/2006	49,28	5,0%
01/11/2006	46,95	17,4%
02/10/2006	39,98	-1,0%
01/09/2006	40,38	-6,5%
02/08/2006	43,18	-2,1%
03/07/2006	44,12	2,6%
02/06/2006	43,02	-8,5%
02/05/2006	47,02	

VCPA4	VCP PN N1	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento (R\$)	Variação % Mensal
02/05/2007	40,88	8,3%
02/04/2007	37,75	3,4%
02/03/2007	36,50	-5,8%
02/02/2007	38,75	-10,2%
02/01/2007	43,17	5,2%
01/12/2006	41,03	8,4%
01/11/2006	37,85	1,4%
02/10/2006	37,33	11,1%
01/09/2006	33,60	4,0%
02/08/2006	32,32	-1,2%
03/07/2006	32,71	-1,4%
02/06/2006	33,17	1,7%
02/05/2006	32,61	

VVAX11	Vivax UNT N2	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento (R\$)	Variação % Mensal
02/05/2007	51,00	8,5%
02/04/2007	47,00	9,7%
02/03/2007	42,83	-2,7%
02/02/2007	44,00	7,3%
02/01/2007	41,00	15,7%
01/12/2006	35,44	-2,1%
01/11/2006	36,19	1,1%
02/10/2006	35,79	8,8%
01/09/2006	32,90	-1,8%
02/08/2006	33,50	8,1%
03/07/2006	31,00	3,3%
02/06/2006	30,00	-7,7%
02/05/2006	32,49	

AMBV4	AmBev PN	
Período	02/05/2006 - 02/05/2007	

Período	Fechamento (R\$)	Variação % Mensal
02/05/2007	1.220,00	7,6%
02/04/2007	1.133,49	10,9%
02/03/2007	1.021,93	-6,3%
02/02/2007	1.090,39	3,9%
02/01/2007	1.049,72	7,4%
01/12/2006	977,07	3,8%
01/11/2006	941,65	-3,4%
02/10/2006	975,1	1,8%
01/09/2006	958,28	9,7%
02/08/2006	873,31	-4,9%
03/07/2006	918,22	-4,3%
02/06/2006	959,76	1,0%
02/05/2006	949,95	

Figura 3.2: Dados de entrada referente a retorno de ações de 12 meses

- B X																
Arquivo	Editar	Exibir	Inserir	Formatar	Ferramentas	Dados	Janela	Ajuda								
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
2	MESES	BRADESCO	BRASIL T PAR	CEMIG	DURATEX	EMBRATER	GERDAU	GOL	AMERICANAS	PETROBRAS	SUBMARINO	USIMINAS	VALE	VCP	VIVAX	AMBEV
3	mai06	-15,85%	-15,85%	-8,29%	-14,14%	1,86%	-9,39%	0,05%	-8,73%	-5,02%	-19,90%	-2,95%	-8,51%	1,72%	-7,86%	1,03%
4	jun06	8,29%	0,00%	4,13%	1,99%	1,58%	-0,31%	1,39%	0,25%	-2,42%	-2,80%	0,23%	2,58%	-1,39%	3,33%	-4,33%
5	jul06	3,16%	-6,13%	-1,16%	3,05%	-5,38%	3,71%	-12,08%	3,36%	4,82%	-11,24%	-7,07%	-2,13%	-1,19%	8,06%	-4,89%
6	ago06	-0,84%	0,25%	-2,87%	7,87%	13,17%	-4,92%	10,28%	10,72%	-3,98%	17,88%	-4,35%	-6,48%	3,98%	-1,79%	9,73%
7	set06	3,23%	1,63%	-6,54%	10,49%	1,25%	-9,51%	-1,06%	-3,23%	-7,69%	-3,69%	-2,85%	-0,99%	11,10%	8,78%	1,76%
8	out06	4,49%	13,95%	10,94%	5,09%	3,83%	8,84%	-10,07%	6,13%	7,30%	3,59%	11,86%	17,43%	1,39%	1,12%	-3,43%
9	nov06	3,83%	5,21%	1,18%	10,35%	-1,18%	6,40%	-8,69%	9,98%	6,71%	47,76%	-2,87%	4,96%	8,40%	-2,07%	3,76%
10	dez06	11,92%	22,88%	10,36%	18,45%	0,74%	8,22%	7,03%	19,29%	12,39%	10,88%	13,87%	11,14%	5,22%	15,69%	7,44%
11	jan07	-3,83%	-5,82%	-3,69%	28,80%	-1,24%	-1,11%	0,92%	-0,33%	-6,25%	6,65%	5,81%	8,51%	-10,24%	7,32%	3,87%
12	fev07	-11,82%	-3,29%	1,07%	-8,11%	9,31%	-4,33%	-9,88%	-4,13%	-13,19%	-1,10%	-2,69%	-1,33%	-5,81%	-2,66%	-6,28%
13	mar07	8,09%	11,80%	-3,49%	5,24%	-0,81%	9,14%	4,56%	9,46%	12,07%	4,09%	21,00%	8,61%	3,42%	9,74%	10,92%
14	abr07	8,15%	14,25%	17,79%	8,36%	3,76%	9,23%	-3,78%	5,03%	-0,13%	10,35%	0,70%	11,30%	8,29%	8,51%	7,63%
15	Retorno Médio	1,59%	3,24%	1,62%	6,45%	2,24%	1,34%	-1,78%	3,98%	0,38%	5,27%	2,56%	3,76%	2,07%	4,03%	2,27%
16	Desvio-Padrão	8,36%	10,82%	7,85%	11,09%	4,95%	7,27%	7,24%	7,77%	8,19%	16,84%	8,09%	7,90%	6,12%	6,74%	5,98%
17																
18	CORRELAÇÃO ENTRE OS ATIVOS															
19	ATIVOS	BRADESCO	BRASIL T PAR	CEMIG	DURATEX	EMBRATER	GERDAU	GOL	AMERICANAS	PETROBRAS	SUBMARINO	USIMINAS	VALE	VCP	VIVAX	AMBEV
20	BRADESCO	1														
21	BRASIL T PAR	0,8003	1													
22	CEMIG	0,5627	0,7378	1												
23	DURATEX	0,5197	0,4222	0,1876	1											
24	EMBRATER	-0,3133	0,0122	0,0942	-0,2638	1										
25	GERDAU	0,7122	0,7699	0,7138	0,3348	-0,3305	1									
26	GOL	0,1783	0,1676	-0,1811	0,2937	0,2921	-0,1661	1								
27	AMERICANAS	0,7248	0,7943	0,4685	0,5092	-0,0112	0,7107	0,3386	1							
28	PETROBRAS	0,7008	0,6760	0,3888	0,2639	-0,4656	0,8249	0,0746	0,7772	1						
29	SUBMARINO	0,3620	0,4411	0,2682	0,4687	0,1011	0,4249	0,0382	0,6193	0,3214	1					
30	USIMINAS	0,4559	0,6593	0,2666	0,3304	-0,1776	0,6007	0,3273	0,4916	0,6376	0,0629	1				
31	VALE	0,6247	0,7842	0,7123	0,5272	-0,2467	0,8142	-0,1285	0,4950	0,5732	0,3214	0,7222	1			
32	VCP	0,4527	0,4641	0,1954	-0,0182	0,0118	0,1551	0,1382	0,3489	0,3449	0,3390	-0,0185	0,0417	1		
33	VIVAX	0,7456	0,6132	0,3390	0,6491	-0,4489	0,4853	0,2369	0,4981	0,4689	-0,0069	0,5001	0,5253	0,1611	1	
34	AMBEV	0,3357	0,4307	0,0318	0,4445	0,1089	0,2557	0,7148	0,5677	0,3727	0,4307	0,4188	0,1673	0,4429	0,3337	1
35																
36																

Figura 4: Tratamento estatístico das informações coletadas das quinze ações

Segundo Lapponi (2005), com três ativos já é possível formar muitas carteiras mudando a proporção dos ativos selecionados. Para a presente pesquisa adotou-se a possibilidade de escolha de quinze ações para composição de uma carteira eficiente (conforme dados coletados ilustrados nas Figuras 3.1 e 3.2). Essa quantidade é justificada ao observar-se a Figura 5, onde se constata que para 15 ativos a maior parte do risco não-sistemático é diluída.

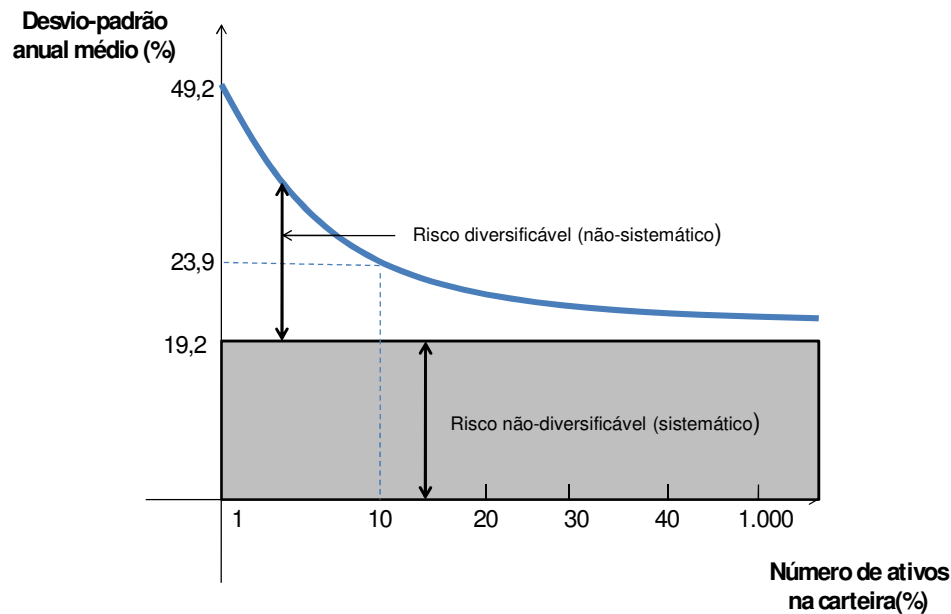


Figura 5: Diversificação de Ativos
Fonte: Ross *et al.* (2000)

Além disso, para quinze ações a possibilidade de diversificação de ativos é bastante ampla. Entretanto, à medida que se inclui uma nova ação, mais cálculos são necessários, principalmente quanto à correlação entre os ativos, conforme pode ser observado na Figura 2, onde se apresenta o registro das medidas estatísticas dos ativos. Dessas carteiras, sem dúvida, o investidor escolherá a carteira com menor risco ou variância mínima. De outra maneira, a carteira de variância mínima é a carteira com a menor variância de todas as carteiras possíveis que podem ser formadas com os ativos sem especificar antecipadamente o retorno da carteira. Em virtude da dificuldade de passar para o papel a função objetivo de minimização de variância (risco) para 15 ativos, exemplificamos essa função para a formação de uma carteira com três ativos, conforme segue:

$$\text{Minimizar} \rightarrow \sigma_p^2 = w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + w_3^2 \cdot \sigma_3^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \sigma_{1,2} + 2 \cdot w_2 \cdot w_3 \cdot \sigma_{2,3} + 2 \cdot w_1 \cdot w_3 \cdot \sigma_{1,3} \quad (8)$$

Sujeita à restrição $w_1 + w_2 + w_3 = 1$, sendo w_i a proporção do investimento no ativo i .

Apesar do exemplo acima apresentar a minimização do risco e a restrição para uma carteira de três ações, ressalta-se que para a presente pesquisa formula-se, através da planilha Excel, a função objetivo e as restrições para quinze ações, de forma a maximizar a relação entre Retorno Esperado e Risco, conforme elucidado no tópico subsequente.

Formação de uma carteira eficiente de ações através do comando Solver do Excel

O comando Solver do Excel é uma ferramenta de otimização muito prática na análise e na formação de carteiras (LAPPONI, 2005). Assim, a Figura 8 ilustra sua utilização através da planilha construída para a otimização de seleção de uma carteira de até 15 ações. A célula T25 dessa planilha registra a fórmula = SOMA (C5:C19) correspondente à restrição da minimização que sempre deverá retornar o valor 1, pois a soma das porcentagens do investimento em cada ativo tem de ser igual a 100%. Para obter a proporção do investimento nos quinze ativos que formam a carteira de variância mínima e retorno máximo, ou seja, a maximização da relação entre Retorno Esperado e Risco, procede-se como segue:

- Posiciona-se o cursor da planilha na célula E27 e depois no menu Ferramentas escolhe-se Solver;
- Na caixa de diálogo Parâmetros do Solver da Figura 6:
 - Ao selecionar a célula E27, esse endereço aparecerá na caixa definir célula de destino;
 - Seleciona-se o botão de opção Máx;
 - No quadro Células variáveis registra-se o intervalo das células dos pesos dos ativos C5:C19;
 - No quadro Submeter às restrições, pressiona-se o botão Adicionar. Na caixa de diálogo Adicionar restrição, registra-se a restrição mostrada na Figura 6.

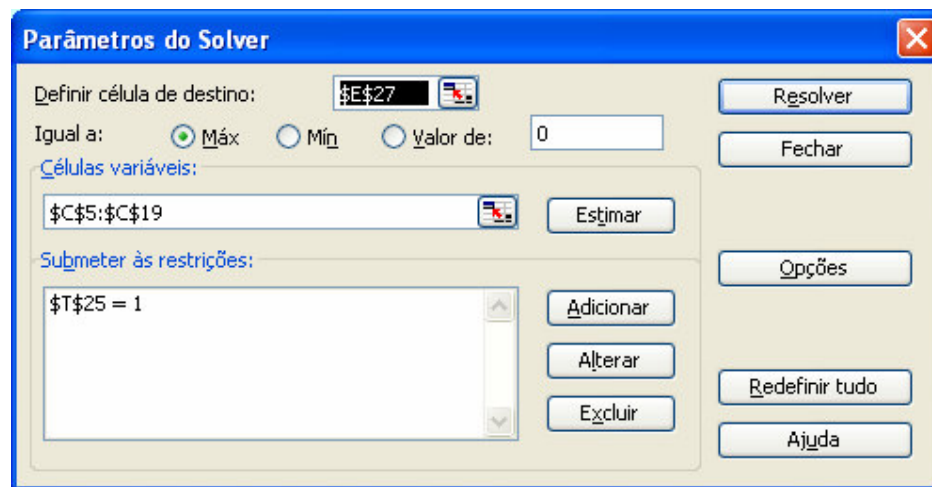


Figura 6: Caixa de diálogo parâmetros do Solver

Depois de pressionar o botão Resolver, o comando Solver registra os resultados no intervalo C5:C19 da Figura 8, e apresenta a caixa de diálogo da Figura 6, onde é registrado que o Solver encontrou uma solução. Todas as restrições e condições otimizadas foram atendidas.

Pressionando o botão OK, os resultados são registrados no intervalo C5:C19 como mostra a Figura 8.

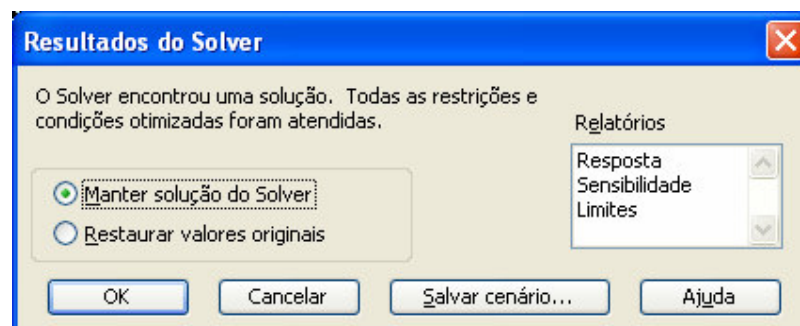


Figura 7: Resultados do Solver

Portanto, para formar uma carteira de investimento com variância mínima e retorno máximo, o investimento deverá ser alocado nas seguintes proporções e ativos: 7,04% do capital disponível na Duratex, 48,94% na Embraer, 6,22% na Vale do Rio Doce, 9,22% na Votorantin Celulose e Papel, 27,97% na VIVAX, sendo a soma dessas proporções igual a

[illegible]

Figura 8: Seleção de carteira de ações através de planilhas eletrônicas

Conclusão

Duplicando problemas reais em modelos matemáticos, pode-se analisar soluções que atendam aos nossos interesses ou anseios, outro sim, pode-se fazer experimentações no que se refere às variáveis existentes ou propor novas variáveis que ainda não fazem parte do contexto, flexibilizando as respostas envolvidas nos processos. Tal flexibilização faz com que a Pesquisa Operacional se torne uma ferramenta de extrema utilidade na solução de problemas.

Como pôde ser observada no decorrer da presente pesquisa, a aplicação da Pesquisa Operacional na seleção de carteiras pode ser realizada de maneira relativamente fácil. Com a utilização de planilha eletrônica com recursos de otimização (Solver), o resultado para uma carteira otimizada é facilmente encontrado. Dessa forma, os resultados apresentados nessa pesquisa mostram a eficiência da diversificação de ativos através de ferramentas de otimização de fácil acesso, a exemplo do Excel. Deve-se ressaltar, entretanto, que o desempenho atingido no período não garante o desempenho futuro dos ativos, e portanto não se deve restringir o processo de tomada de decisão à otimização de carteiras. É bastante razoável essa afirmação, uma vez que o desempenho de um ativo está ligado a diversos fatores que não só o comportamento passado, dado o dinamismo do mercado em geral.

Referências Bibliográficas

ARENALES, Marcos; *et al.* **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007

ASSAF NETO, Alexandre. **Mercado financeiro**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003

AZAMBUJA, Ana Maria V. **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**. 2002. 410f. Tese (Doutorado em engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRIGHAM, Eugene F, GAPENSKI, Louis C, EHRTARDT, Michael C. **Administração financeira: teoria e prática**. Tradução Alexandre Loureiro Guimarães Alcântara, José Nicolas Albuja Salazar; revisão técnica José Carlos Guimarães Alcântara. São Paulo: Atlas, 2001.

DAFT, Richard L. **Organizações: teorias e projetos**. Tradução : Cid Knipel Moreira; revisão técnica: Reinaldo O. Silva. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

GONÇALVES JR, Cléber; PAMPLONA, Édson de O; MONTEVECHI, José A. B. **Seleção de carteiras através do modelo de Markowitz para pequenos investidores** (com o uso de planilhas eletrônicas). In SIMPEP 9. 2002, Bauru, 2002.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LIMA, José D; MARQUES, Jair M. **A análise econômico-financeira de empresas sob a ótica da estatística multivariada**. In ENEGEP 22.2002, Curitiba. **Anais..** 1CD ROM

LAPPONI, Juan C. **Estatística usando Excel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005

LONGARAY, André A; BEUREN, Ilse M. Decisões organizacionais: as perspectivas qualitativa, quantitativa e a abordagem multicritérios. ENEGEP, 21., 2001, Salvador, **Anais..** 1 CD ROM

MACHLINE, Claude *et al.* **Manual de administração da produção.** 8 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 1994.

MOITA, Márcia H. V. **Um modelo para avaliação da eficiência técnica de professores universitários utilizando DEA: o caso dos professores da área de engenharias.** 2002. 170f. Tese (Doutorado em engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MOREIRA, Daniel A. **Pesquisa operacional:** curso introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

NIEDERAUER, Carlos A. P. **Ethos: um modelo para medir a produtividade relativa de pesquisadores baseado na análise por envoltória de dados.** 2002. 159f. Tese (Doutorado em engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ROSS, Stephen A; WESTERFIELD, Randolph W. JORDAN, Bradford D. **Princípios de administração Financeira.** Tradução Andrea Maria Accioly Fonseca Minardi; revisão técnica Antonio Zoratto Sanvicente. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

ROSS, Stephen A; WESTERFIELD, Randolph W. JAFFE, Jeffrey F. **Administração Financeira.** Tradução Antonio Zoratto Sanvicente. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.