

## O Emprego da Matriz de Impactos Cruzados no Esboço de Cenários Futuros

Arlindo Kamimura\*

### Resumo

O artigo apresenta uma metodologia auxiliar ao planejamento estratégico de empresas, tanto do setor público; quanto do privado, baseada na análise de cenários futuros, através da construção da Matriz de Impactos Cruzados. A título de ilustração, o método é aplicado, como exercício escolástico, na avaliação das perspectivas decrescimento econômico para o Brasil no horizonte do ano 2010. Sugere-se a aplicação dessa metodologia na análise macroeconômica, como entrada para modelos de avaliação de demanda energética, cuja oferta pertence tradicionalmente ao setor público. Um exemplo de aplicação segundo a ótica empresarial privada, também é sugerida no final do trabalho.

Os problemas e dilemas hoje enfrentados no Brasil pelos decisores de uma empresa, seja ela pequena, média ou grande, estatal, mista ou privada, frente a um ambiente incerto em constante mutação e cada vez mais competitivo são, inequivocamente, muito mais complexos do que aqueles enfrentados em países de economia mais estável. No entanto, são nesses países onde existe uma preocupação maior de ordem metodológica no trato das questões estratégicas que afetam suas empresas. Um dos principais instrumentos desenvolvidos para o chamado Estudo do Futuro, foco principal de preocupação do planejador, é a chamada técnica de cenários.

A técnica de cenários surge na década de 60 como uma metodologia de prospecção sobre as possíveis configurações futuras de um sistema, seja ele social, político, econômico, ambiental ou tecnológico<sup>1</sup>. Ao contrário do que a palavra "cenário" sugere e como geralmente e erroneamente é interpretada, ela não significa uma fotografia estática de uma possível configuração futura. Ela deriva do inglês "scenario", que significa copião ou roteiro de um filme, subentendendo-se aí a descrição dinâmica de uma trama com seus respectivos atores interagindo no ambiente abordado e limitado no enredo desenvolvido pelo filme ou peça teatral.

Como regra geral, no campo do Planejamento, o método de cenários implica numa descrição consistente da evolução dinâmica de um sistema fixado por algumas variáveis exógenas interagentes, características desse sistema - os descritores de cenário. A escolha dos descritores e a formulação de hipóteses consistentes pertinentes ao cenário a ser analisado, constituem a principal dificuldade na utilização deste método. O método de cenários é hoje largamente utilizado pelas grandes corporações no exterior, para análise prospectiva do papel e da importância da empresa em situações e ambientes alternativos futuros, fundamental nos seus planos e decisões de expansão e investimentos.

Se por um lado o futuro se apresenta sempre com um alto nível de incerteza, por outro, o conjunto de possíveis e prováveis circunstâncias e situações pode ser explorado e analisado. Situações e eventos passados podem fornecer importantes subsídios no conhecimento do comportamento e relações entre descritores no futuro. Entretanto, novas relações podem surgir fazendo com que as antigas se modifiquem ou mesmo desapareçam. Tais mudanças são sempre muito difíceis de se identificar, mas que podem ser detectadas em muitos casos, por especialistas da área, cujo problema está sendo analisado.

Um dos métodos mais importantes para estudo e operação com cenários é conhecido como a "Análise Matricial de Impactos Cruzados", elaborado em 1966 por O. Helmer e T.J. Gordon, para a Kaiser Alumínio and Chemical Corporation<sup>2</sup>, onde cerca de 60 situações tecnológico econômicas futuras são analisadas por este método. A análise de Impactos Cruzados é baseada no conceito de que a ocorrência ou a não ocorrência de um possível evento ou ação de uma determinada política, pode afetar a probabilidade de ocorrência de um conjunto de outros eventos ou ações. O método requer que tais interações sejam definidas e suas intensidades estimadas. Na ausência de informações seguras sobre essas relações, podem ser utilizadas opiniões e inferências qualitativas. Ao conjunto das possíveis combinações de eventos, gerado com o auxílio de computador, se associam frequências de ocorrência e

---

\* Ex-professor Assistente do Departamento Física Nuclear - USP e Especialista em Planejamento Energético junto à Divisão de Análise Energética Companhia Energética de São Paulo

tais combinações são os cenários gerados. Existem vários algoritmos computacionais que tratam deste problema. Um deles, desenvolvido no Battelle Columbus Division, é chamado de BASICS (**B**attelle **S**cenario **I**ntputs to **C**orporate **S**trategy)<sup>3,4</sup> e é o que foi utilizado no exemplo apresentado neste trabalho.

Como exemplo do método citado, vamos analisar a seguinte proposição:

"Quais são as perspectivas econômicas para o Brasil até o ano 2010?"

A abordagem de um tema tão amplo e tão complexo como este, obviamente, só pode ser feita de forma geral e simplificada no decurso deste exercício. Entretanto, mesmo que a intenção seja a de se aprofundar no estudo desse tema, é fundamental a colocação do problema através de uma pergunta simples e direta. Uma frase breve e clara reduz a possibilidade de que o grupo de expertos, das várias disciplinas pertinentes ao problema, interpretem de maneira distinta o tema a ser estudado, limita os riscos de se desperdiçar esforços sobre argumentos conexos mas pouco relevantes, ajuda em suma, a dirigir a análise no sentido objetivo e preciso.

O segundo passo consiste na definição de todos os fenômenos que terão, de acordo com o grupo de especialistas, uma influência determinante sobre o problema em questão e que são os descritores. É importante, como vai ser mostrado adiante, evitar um número elevado de descritores, restringindo-se somente àqueles realmente essenciais. Via de regra, um número acima de 12, aumenta consideravelmente a complexidade e a dificuldade de análise do problema. Para o problema/questão abordado neste trabalho, foram escolhidos 7 descritores apresentados na tabela 1.

Associados a cada descritor existem o que se chama de estados, que representam as alternativas de existência de cada descritor, e devem, necessariamente, ser mutuamente excludentes e exaurir a gama de possibilidades do descritor.

Vale ressaltar aqui a necessidade do acordo e consenso, que deve existir dentro do grupo de especialistas, da semântica associada a cada descritor e respectivos estados. Considerando-se o problema escolhido, embora colocado de maneira genérica, o descritor 5(Reforma Econômica), associado ao estado 5a(Sucesso), (vide tabela 1), deverá ter um significado comum conforme acordado pelo grupo, como sendo por exemplo, uma situação onde o Brasil tem a inflação sob controle, um programa bem sucedido de inserção do país na economia de mercado, uma moeda estável e contas públicas equilibradas. Outro exemplo no que concerne à semântica é a classificação aqui dada de forma absoluta aos estados do descritor Investimentos Externos: alto, médio e baixo. Dada à posição pouco privilegiada do Brasil como ponto de atração do capital externo, frente às outras opções no panorama internacional, essa classificação deve ser interpretada de forma mais realista como sendo: médio, baixo, muito baixo.

A cada estado (i) de um descritor (j) deve ser atribuída uma probabilidade de ocorrência  $P_{ij}$ , tal que :

$$0 \leq P_{ij} \leq 1 \text{ e } \sum_i P_{ij} = 1$$

Cada  $P$  é chamada de probabilidade "a priori", uma vez que serão modificadas e renormalizadas automaticamente no decorrer do processo de cálculo, através da matriz de impactos de ocorrência. A Tabela 1 mostra no caso do exemplo considerado, os descritores e as probabilidades "a priori" de ocorrência.

Tabela 1

Descritores	Estados	Probabilidade "A Priori" ( $P_{ij}$ )
1 Crescimento Econômico dos países Desenvolvidos (a.a.)	a) Alto (> 3,5%)	20%
	b) Médio (1,5% - 3,5%)	50%
	c) Baixo (< 1,5%)	30%
2 Acordo Dívida Externa	a) Sucesso	60%
	b) Insucesso	40%
3 Balanço de Pagamentos	a) Superavitário	20%
	b) Equilibrado	40%
	c) Deficitário	40%
4 Juros Reais Anuais	d) Alto (> 20%)	40%
	e) Médio (12% - 20%)	40%

5 Reforma Econômica	f) Baixo (< 12%)	20%
	c) Sucesso	50%
	d) Insucesso	50%
6 Investimentos Externos	g) Alto	20%
	h) Médio	40%
	i) Baixo	40%
7 Crescimento Econômico Brasil	j) Alto (> 3,5%)	20%
	k) Médio (1,5% - 3,5%)	40%
	l) Baixo (< 1,5%)	40%

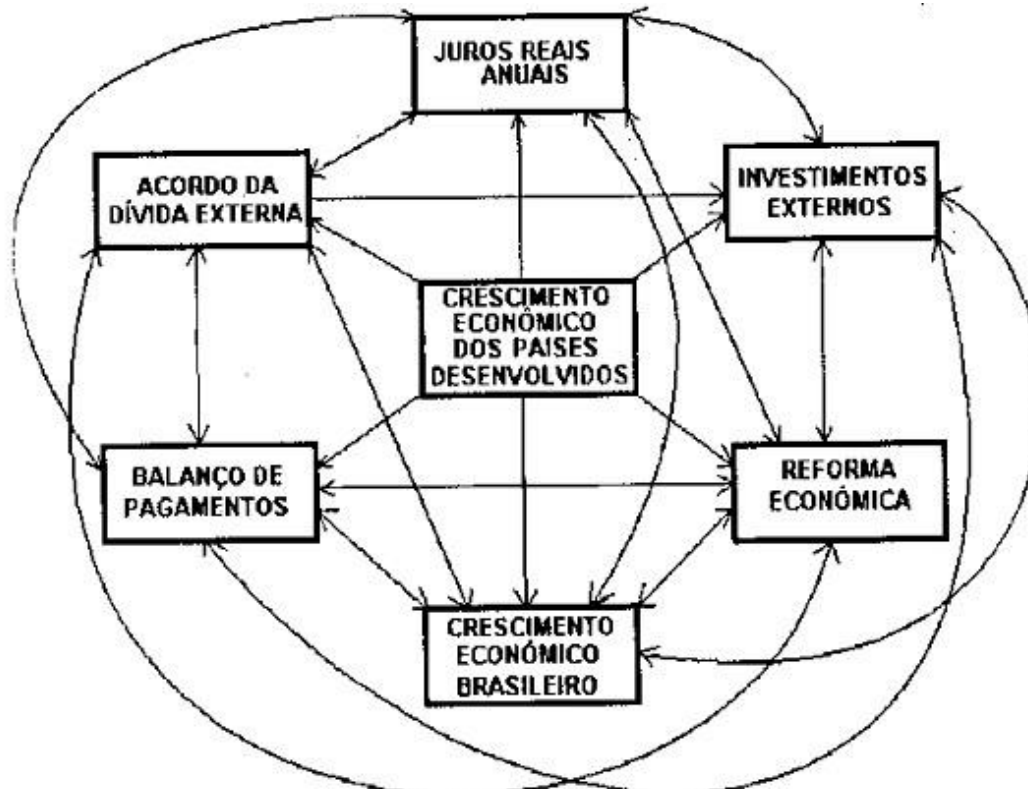
Como mencionado anteriormente, os fenômenos definidos pelos descritores podem interagir mutuamente, ou seja, a ocorrência de um determinado estado de um descritor X, pode modificar a probabilidade de ocorrência de todos os estados dos demais descritores Y, de acordo com o sistema construído. A fig. 1, mostra o diagrama do sistema aqui estudado, com os descritores e as respectivas inter-relações, onde o sentido das setas indica o sentido da influência que foi considerado. Assim, o descritor Acordo da Dívida Externa influencia o descritor Crescimento Econômico Brasileiro e por este é influenciado. Por outro lado, o descritor Crescimento Econômico dos Países Desenvolvidos influencia todos os outros descritores, mas a influência recíproca destes foi desprezada.

Para quantificar as influências mútuas entre estados de diferentes descritores é necessário responder às perguntas do tipo:

"Se acontecer o estado  $X_i$  (p. ex., alto crescimento dos países desenvolvidos) de quanto será modificada a probabilidade de ocorrência do estado  $Y_j$  (por ex., altos investimentos externos)?"

**Figura 1 Descritores de Cenário e Respectivas Inter-relações**

Os expertos indicarão, numa escala de (-3) a (3) o índice de impacto estimado, onde valores



negativos ou positivos farão com que a probabilidade de ocorrência do estado  $Y_i$  diminua ou aumente, respectivamente, enquanto que o valor zero assinala a não influência sobre essa probabilidade. Repetindo a operação, considerando-se todos os cruzamentos possíveis entre os descritores, obtém-se uma matriz, chamada de Matriz de Impactos Cruzados de Ocorrência (Cross-Impact Occurrence Matrix).

**Tabela 2 - Matriz Impactos Cruzados de Ocorrência  
Crescimento Econômico - Brasil 2010**

Descritores		1			2		3			4			5		6			7		
		Cresc. P. Des.			Acordo Div. Externa		Balançaço Pagamento			Juros Reais aa.			Ref. Econ.		Inv. Ext.			Cresc. Econ. Brasil		
Estados		A	M	B	S	I	S	E	D	A	M	B	S	I	A	M	B	A	M	B
1 Crescimento	Alto	0	0	0	2	-2	0	0	0	-1	2	0	1	-1	3	2	-1	2	1	-1
Países Desenvolvidos	Médio	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0
	Baixo	0	0	0	-2	2	0	0	0	1	0	0	-1	1	0	0	0	-1	0	1
2 Acordo Div. Externa	Sucesso	0	0	0	0	0	2	3	-1	-2	2	0	2	-2	3	1	0	3	2	-1
	Insucesso	0	0	0	0	0	-1	-2	3	2	-2	0	-2	2	-3	-1	0	-3	-2	3
3 Balançaço Pagamentos	Sup.	0	0	0	2	-2	0	0	0	-2	3	0	3	-2	2	1	-3	2	1	-2
	Equil.	0	0	0	1	-1	0	0	0	-1	2	0	2	-1	1	0	0	1	2	-1
	Defic.	0	0	0	-2	2	0	0	0	2	-3	0	-3	3	-2	-1	3	-2	-1	2
4 Juros Reais Ano a Ano	Alto	0	0	0	-2	2	-3	-2	3	0	0	0	-3	3	-2	-1	2	-2	-1	2
	Médio	0	0	0	2	0	1	2	-2	0	0	0	2	-2	1	2	0	-1	0	-1
	Baixo	0	0	0	3	-3	3	3	-3	0	0	0	3	-3	0	1	0	2	1	-2
5 Reforma Econômica	Sucesso	0	0	0	3	-3	3	1	-3	-3	3	0	0	0	3	2	-2	3	2	-2
	Insucesso	0	0	0	-3	3	-3	-1	3	3	-3	0	0	0	-3	-2	3	-3	-2	3
6 Investimento Externo	Alto	0	0	0	0	0	2	3	0	-3	2	0	-3	-3	0	0	0	3	2	-2
	Médio	0	0	0	0	0	1	2	0	-2	1	0	0	0	0	0	0	2	1	-1
	Baixo	0	0	0	0	0	-2	0	1	2	-2	0	3	3	0	0	0	-1	-1	3
7 Crescimento Econômico Brasil	Alto	0	0	0	3	-3	3	2	-2	-2	-3	0	3	-3	3	2	-3	0	0	0
	Médio	0	0	0	2	-2	2	1	-1	-1	2	0	2	-2	2	1	-2	0	0	0
	Baixo	0	0	0	-3	3	-2	-2	3	3	-3	0	-3	3	-3	-2	3	0	0	0

Assim, num problema definido por dez descritores, cada um constituído de três estados, ter-se-á uma Matriz de ocorrência com 900 índices de impactos. Eliminando-se os índices originados pelo fato de que um descritor não influencia a si próprio (diagonal principal da matriz), o número diminui para 810 valores, que deverão ser assinalados pelos especialistas.

Concomitantemente à construção da Matriz de Ocorrência é necessário o preenchimento da Matriz de Impactos de Não-Ocorrência, onde perguntas do seguinte tipo, devem ser respondidas:

"Se não ocorrer o estado Xi, de quanto será modificada a probabilidade de ocorrência do estado Y.?"

Os modelos computacionais, em geral, constróem essa matriz automaticamente, a partir dos valores complementares da matriz de ocorrência.

Caso os expertos desejem construir a matriz de não ocorrência, para reforçar algum índice que julgar necessário, tal procedimento é perfeitamente legítimo.

Neste ponto, após a definição do sistema através dos descritores, dos estados associados aos descritores, das probabilidades de ocorrência "a priori" desses estados, da matriz de impactos cruzados de ocorrência e de não-ocorrência, o modelo computacional está em condições de simular a geração dos cenários. Cada cenário é formado por uma combinação de ocorrências de estados, um estado para cada descritor. Como se pode facilmente deduzir, o número de possíveis combinações é gigantesco, cuja redução é feita usualmente através de um algoritmo, utilizando critérios obtidos a partir das matrizes de ocorrência e de não-ocorrência, que modificam de forma iterativa a probabilidade de existência dos estados, agrupando as combinações com estados coincidentes. Isto só é possível após a discretização (0 ou 1) das probabilidades de ocorrência, utilizando-se o citado algoritmo. A discussão deste pode ser encontrado nas referências (3) e (4) e no apêndice desse trabalho.

A matriz de impactos cruzados de ocorrência, neste exemplo, construído pelo autor é mostrado na tabela 2. Como exemplo, da leitura desta matriz, tome-se a primeira linha de descritor "Crescimento Econômico dos Países Desenvolvidos" no estado "alto".

(Tabela 2...)

Descritores	1 Cres.Econ. Países Desenvolvidos			2 Acordo da Dívida Externa		3...
	A	M	B	Sucesso insucesso		
1 Crescimento Econômico Países Desenvolvidos						
Alto	0	0	0	2	-2	0 0...

Observa-se que os valores das colunas, referentes a essa linha correspondem aos índices de impacto sobre a probabilidade de ocorrência dos outros estados. Assim, a ocorrência deste primeiro estado não afeta a so próprio (índices zero), afeta de forma simétrica o descritor "Acordo da Dívida Externa", aumentando a probabilidade de "Sucesso" (índice 2) e diminuindo a de "Insucesso" (índice 2) e assim por diante. Essa fase de assinalar os valores dos índices de impacto é das mais cruciais do trabalho e requer, em geral, muito empenho e tempo do grupo de especialistas. Seguem alguns conselhos práticos para conduzi-la de maneira objetiva e eficiente:

- Estudar com atenção quais são as relações entre os descritores, servindo-se de todas as informações possíveis: estudos empíricos do tipo político, econômico e social sobre situações análogas ocorridas, confrontar pareceres, mesmo discordantes, dos estudiosos da matéria.
- Considerar somente relações evidentes e seguras entre descritores, evitando argumentações tortuosas para justificar relações incertas.

## Resultados e Conclusões

Neste exemplo em estudo, onde comparecem sete descritores perfazendo um total de dezenove estados, foram computados trinta e oito cenários, número este obtido fixando-se a ocorrência ou não-ocorrência de cada um dos estados, pivôs de partida do algoritmo iterativo. Para cada uma das 38 simulações, foram necessários cerca de 700 cálculos em 12 etapas iterativas, até a discretização (0 ou 1) de todas as probabilidades dos estados participantes desta simulação. Os resultados são agrupados por

tipos de cenários coincidentes, com as respectivas freqüências, mostradas na tabela (3). Como possíveis leituras desta tabela, observa-se que:

- O cenário com maior índice de freqüência, o cenário do tipo ( 1 ) que comparece 19 vezes durante a simulação, prevê um crescimento médio (entre 1,5% a 3,5% ao ano ) dos países desenvolvidos; insucesso no acordo da dívida externa brasileira; déficit no balanço de pagamentos; juros reais acima de 20% ao ano; insucesso na reforma econômica; baixos investimentos externos e baixo crescimento econômico nacional. A soma da freqüência deste cenário com a freqüência do cenário do tipo (4), também pessimista, pode, numa avaliação precipitada, prognosticar um quadro catastrófico para o país, no horizonte em estudo. Entretanto, como se pode observar, os prognósticos dos restantes 17 cenários, todos otimistas, correspondem a 45% de probabilidade de ocorrência. Esta é uma situação particularmente adequada para se efetuar uma análise de sensibilidade sobre um descritor, por exemplo, de como uma política favorecendo o sucesso da reforma econômica pode transformar profundamente o quadro prospectivo, como será mostrado adiante.

- As probabilidades de ocorrência "a posteriori" dos estados, diferença , em geral, das probabilidades assinaladas "a priori", em decorrência das múltiplas interações entre os descritores, podendo, inclusive inverter a expectativa entre estados, como acontece, por exemplo, com os estados do descritor 2 (Acordo da Dívida Externa). Neste caso, a probabilidade de sucesso passa de 60% para 45%, que corresponde ao número de ocorrência deste estado, ou seja, 17 contra 21 vezes de estados de insucesso.

Em geral, os cenários mais freqüentes atraem mais a atenção, Brasil porque se tende a pensar que são aqueles que mais provavelmente Alto ocorrerão. Entretanto, todos os cenários são hipóteses exploratórias sobre Médio o futuro. Os cenários menos freqüentes poderão conter representações menos conformistas desse futuro, mas nem por isto impossíveis de acontecer.

Uma forma de análise particularmente útil no estudo dos cenários obtidos, principalmente quando ocorre um "empate", entre grupos de cenários semelhantes, é chamada análise de sensibilidade. Esta pode ser feita através da modificação, em relação ao caso base, das probabilidades de ocorrência "a priori" de estados de um dado descritor, ou então, por modificação do índice de impacto de um descritor sobre outro, na matriz de ocorrência cruzada. Como exemplo desse tipo de análise a tabela 4 mostra os resultados no caso onde a probabilidade "a priori" do descritor 5, Reforma Econômica foi assinalada como sendo de 99% para o estado de "sucesso.

	da tab. 3..		da tab. 4..		da tab. 5..	
	Caso	Base (%)	Sucesso	Ref. Econ. (%)	Sucesso Div. Ext. (%)	Acordo(%)
	Prob.a Priori	Prob.a Post	Prob.a Priori	Prob.a Post	Prob.a Priori	Prob.a Post
2 Acordo da Div. Ext.						
Sucesso	60	45	60	89	99	95
Insucesso	40	55	40	11	1	5
5 Reforma Econômica						
Sucesso	50	17	99	95	50	79
Insucesso	50	21	1	5	50	21
6 Invest. Externos						
Alto	20	42	20	74	20	71
Médio	40	3	40	18	40	8
Baixo	40	55	40	8	40	21
7 Cresc. Econ.						
Brasil						
Alto	20	21	20	42	20	53
Médio	40	24	40	50	40	26
Baixo	40	55	40	8	40	21

Como pode ser observado, há uma transformação radical no conjunto de cenários "otimistas", aumentando substancialmente a probabilidade de ocorrência dos estados Médio + Alto Crescimento



Econômico do Brasil em relação ao caso base, respectivamente de 45% para 92%. Cálculo semelhante é mostrado na tabela 5, neste caso, para a probabilidade "a priori" de ocorrência do estado de "sucesso" (99%) do Acordo da Dívida Externa. Também aqui se observa a transformação no conjunto de cenários "otimistas".

Em relação à análise anterior, observa-se que os estados Médio + Alto Crescimento Econômico do Brasil tem probabilidade menor de ocorrência (79% contra 92%). Entretanto, neste caso, a probabilidade isolada do estado Alto Crescimento Econômico é maior que no caso anterior (53% contra 42%), enquanto que um Médio Crescimento Econômico é favorecido no caso "sucesso" da Reforma Econômica (50% contra 26%).

Nota-se também que o descritor Investimentos Externos é mais sensível ao sucesso da Reforma Econômica do que ao sucesso do Acordo da Dívida Externa (92% de probabilidade dos estados Alto + Médio Investimentos Externos no primeiro caso contra 79% do último), refletindo novamente a maior relevância da normalidade estrutural da economia: do país, sobre um simples acerto ou acordo de reescalonamento da dívida externa.

A análise de cenários, semelhante ao apresentado, é de fundamental importância, por exemplo, no planejamento do Setor Energético. Neste Setor, onde os investimentos são, em geral, elevados e de longo prazo de maturação, uma avaliação equivocada das grandezas macroeconômicas futuras e portanto das reais necessidades energéticas do aparato produtivo e social, pode infligir um pesado ônus à sociedade. Os cenários direcionam e se constituem no arcabouço de um modelo mais acurado, do tipo técnico-econômico utilizado, por exemplo, na referência (5), onde se faz uma previsão de demanda e investimentos em energia para o ano 2000, no Estado de São Paulo. Esse trabalho, resultado da utilização do modelo MEDEE (Modèle d'Evaluation de la Demande d'Energie), desenvolvido pelo então Instituto Econômico e Jurídico da Energia de Grenoble (França), ao contrário das metodologias que explicam o consumo de energia via relações com grandes agregados macroeconômicos, procura através de uma simulação técnico-econômica, contabilizar a demanda de energia, utilizando o conceito de satisfação das necessidades dos diversos setores da sociedade. Entretanto, em tal metodologia, estruturada hierarquicamente em módulos, a análise desagregada a nível de consumo final é precedida por um estudo cuidadoso de cenários macro-econômicos, objetivando garantir um mínimo de coerência entre os módulos componentes do modelo, onde a técnica apresentada neste trabalho poderia ser de grande utilidade.

Para empresas do setor privado, onde aliás tem sua origem, a técnica de cenários se presta também para a análise prospectiva de estratégias empresariais, apresentando o rol de situações alternativas, para as quais os riscos inerentes podem ser avaliados. Assim, na avaliação do plano de expansão de uma empresa, por exemplo do setor siderúrgico é importante considerar descritores que contemplem a evolução e a penetração de novos processos e materiais industriais, políticas protecionistas no mercado internacional, políticas de controle ambiental industrial, competitividade internacional, custos e preços internos e externos, Produto Interno bruto industrial e outras variáveis, cujos comportamentos possam contribuir para a definição e identificação dos pontos de força e de fraqueza da empresa, imprescindíveis às suas atividades estratégicas.

Concluindo, vale repetir que a metodologia aqui apresentada é um instrumento valioso de análise prospectiva, cuja operacionalidade e disponibilidade permite ao tomador de decisões, respostas imediatas às eventuais variações nas hipóteses de cenários, em seu computador pessoal. Além disso, proporciona ao interessado uma visão sistêmica organizada das principais variáveis e situações que afetam a sua empresa, uma vez que o cérebro humano, mesmo sendo privilegiado é capaz de acompanhar a evolução simultânea e coerente de apenas poucas variáveis dinâmicas interdependentes.

Aspectos motivacionais e comprometimento nas decisões e ações necessárias do planejamento são favorecidos com o emprego desta metodologia, desde que seja "assistida" por aplicação iterativa, envolvendo todos os tomadores de decisão. Isto significa dizer que a construção do modelo proposto deve acontecer de forma gradativa, à medida em que os tomadores de decisão vão "aprendendo" com os cenários que vão sendo gerados. O "feedback" propiciado pela interação decisor-computador é um mecanismo extremamente valioso para uma convergência rápida entre a sensibilidade dos tomadores de decisão e as respostas do modelo.

Agradecemos ao Prof. Dr. Marilson Gonçalves e ao Dr. Joaquim Francisco de Carvalho pela discussão e valiosas sugestões a este trabalho.

**Tabela 3 - Caso Base**  
**Crescimento Econômico - Brasil 2010**

Cenário Tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	Prob a Priori	Total Ocor.	Prob. a Post
Freqüência	19	7	6	2	1	1	1	1			
1 Cresc. Econ. Países Desenvolv.											
Alto	0	0	0	0	1	0	0	0	0,20	1	0,03
Médio	1	1	1	1	0	1	1	1	0,50	35	0,92
Baixo	0	0	0	1	0	0	0	0	0,30	2	0,05
2 Acordo Dívida Externa											
Sucesso	0	1	1	0	1	1	1	1	0,60	17	0,45
Insucesso	1	0	0	1	0	0	0	0	0,40	21	0,45
3 Balanços de Pagamentos											
Superávit	0	0	1	0	0	1	0	0	0,20	7	0,18
Equilíbrio	0	1	0	0	1	0	1	1	0,40	10	0,26
Déficit	1	0	0	1	0	0	0	0	0,40	21	0,55
4 Juros Reais Anuais											
>20% aa.	1	0	0	1	0	0	0	0	0,40	21	0,55
12% a 20% aa.	0	1	1	0	1	0	1	1	0,40	16	0,42
<12% aa.	0	0	0	0	0	1	0	0	0,20	1	0,03
5 Reforma Econômica											
Sucesso	0	1	1	0	1	1	1	1	0,50	17	0,45
Insucesso	1	0	0	1	0	0	0	0	0,50	21	0,55
6 Investimentos Externos											
Alto	0	1	1	0	1	1	0	1	0,20	16	0,42
Médio	0	0	0	0	0	0	1	0	0,40	1	0,03
Baixo	1	0	0	1	0	0	0	0	0,40	21	0,55
7 Cresc. Econ. Brasileiro											
Alto	0	0	1	0	0	1	1	1	0,20	8	0,21
Médio	0	1	0	0	1	0	0	0	0,40	9	0,24
Baixo	1	0	0	1	0	0	0	0	0,40	21	0,55



**Tabela 4 - Análise de Sensibilidade para o Caso  
 "Sucesso da Reforma Econômica"  
 Crescimento Econômico - Brasil 2010**

Cenário Tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Prob a	Total	Prob. a
Frequência	10	9	4	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	Priori	Ocor.	Post
1 Cresc. Econ. Países Desenvolv.																	
Alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,20	1	0,03
Médio	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0,50	35	0,92
Baixo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,30	2	0,05
2 Acordo Dívida Externa																	
Sucesso	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,60	34	0,89
Insucesso	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,40	4	0,11
3 Balanços de Pagamentos																	
Superávit	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,20	11	0,29
Equilíbrio	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0,40	24	0,63
Déficit	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0,40	3	0,08
4 Juros Reais Anuais																	
>20% aa.	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0,40	3	0,08
12% a 20% aa.	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0,40	33	0,87
<12% aa.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,20	2	0,05
5 Reforma Econômica																	
Sucesso	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,50	36	0,95
Insucesso	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	2	0,05
6 Investimentos Externos																	
Alto	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0,20	28	0,74
Médio	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0,40	7	0,18
Baixo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0,40	3	0,08
7 Cresc. Econ. Brasileiro																	
Alto	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,20	16	0,42
Médio	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0,40	19	0,50
Baixo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,40	3	0,08

**Tabela 5 - Análise de Sensibilidade para o Caso  
 "Sucesso" no Acordo da Dívida Externa  
 Crescimento Econômico - Brasil 2010**

Cenário Tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Prob a Priori	Total Ocor.	Prob. a Post
14	6	4	4	2	2	2	1	1	1	1	1			
1 Cresc. Econ. Países Desenvolv.														
Alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,20	1	0,03
Médio	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0,50	35	0,92
Baixo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,30	2	0,05
2 Acordo Dívida Externa														
Sucesso	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,99	36	0,95
Insucesso	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,01	2	0,05
3 Balanços de Pagamentos														
Superávit	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0,20	18	0,47
Equilíbrio	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0,40	12	0,32
Déficit	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,40	8	0,21
4 Juros Reais Anuais														
>20% aa.	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,40	8	0,21
12% a 20% aa.	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0,40	28	0,74
<12% aa.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,20	2	0,05
5 Reforma Econômica														
Sucesso	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,50	30	0,79
Insucesso	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,50	8	0,21
6 Investimentos Externos														
Alto	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0,20	27	0,71
Médio	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0,40	3	0,08
Baixo	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0,40	8	0,21
7 Cresc. Econ. Brasileiro														
Alto	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0,20	20	0,53
Médio	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0,40	10	0,26
Baixo	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,40	8	0,21

## Apêndice

### A Análise Matricial de Impactos Cruzados

Uma descrição mais detalhada deste método pode ser encontrada nas ref.(2) e ref.(3). A seguir uma apresentação sucinta do algoritmo utilizado no software BASICS é mostrada para uma melhor compreensão do trabalho.

Nesta técnica, como já foi mostrado exaustivamente, os cenários são representados pelos descritores e respectivos estados. É fácil observar que um cenário com N estados, teria  $(2)^N$  variações, ou cenários distintos, que no caso do presente trabalho seria de 524.288 cenários, cuja devida apreciação seria um pouco difícil sem uma escolha adequada do subespaço de cenários a ser analisado. A escolha desse subespaço é feita inicialmente associando-se aos estados, probabilidades de ocorrência "a priori" e índices de impactos recíprocos que aumentem ou diminuam mutuamente as probabilidades de ocorrência ou não ocorrência desses estados, por meio das chamadas matrizes de impactos cruzados de ocorrência e de não ocorrência. A redução do número total de cenários para o subespaço contendo(2). Nas variações é obtida quando cada estado é direcionado a assumir pelo menos uma vez os valores 1 e 0 (ocorrência e não ocorrência), através de um processo iterativo descrito a seguir. O processo se inicia quando um dado estado é escolhido aleatoriamente para ocorrer (1) ou não ocorrer (0). Em seguida são calculadas as novas probabilidades dos estados, modificadas pelo fato do estado escolhido ter acontecido ou não. Isso é feito ajustando-se todas as probabilidades "a priori" para cima ou para baixo, de acordo com as matrizes de impactos e em seguida renormalizados a cem por cento. Esse ajustamento é feito da seguinte forma: os índices de impacto da matriz (que variam de -3 a 3) são convertidos em coeficientes (CV), tais que:

$$CV = \text{módulo do impacto} + 1 \text{ para impactos } > \text{ ou } = 0$$

$$CV = 1/(\text{módulo do impacto} + 1) \text{ para impactos } < 0$$

Em seguida esses coeficientes são utilizados para calcular as novas probabilidades segundo a fórmula:

$$NP_j = P_j \cdot CV / (1 - P_j + CV \cdot P_j)$$

$NP_j$  = a "nova" probabilidade do estado j

$P_j$  = probabilidade anterior, ou no caso do passe inicial, a probabilidade "a priori".

A seguir, um outro estado é escolhido para ocorrer ou não, entretanto, desta vez, não de forma aleatória, mas escolhendo-se o estado, cuja probabilidade já renormalizada, tenha a menor "distância", calculada da seguinte forma :

$$\text{"distância"} = 0.0 + P \text{ se } P < 0.5$$

$$\text{"distância"} = 1.0 - P \text{ se } P > \text{ ou } = 0.5$$

A probabilidade com menor "distância" é forçada a valer 1 se sua probabilidade for maior que 0.5 ou imposta a valer 0 se a probabilidade for menor que 0.5. Este processo continua até todos os estados se reduzirem a zero ou 1 (não ocorrência ou ocorrência), definindo dessa maneira o primeiro cenário válido para análise. Este é, portanto, o resultado de uma única simulação, onde foram efetuados cerca de 700 cálculos, no qual apenas aquele estado imposto para ocorrer foi escolhido. Faltam processar mais 37 simulações iguais a essa, até que todos os estados assumam o papel de pivô (0 ou 1) do processo completo, definindo assim os  $(2)^N$  cenários pertencentes ao subespaço de análise. Muitos desses cenários serão coincidentes e serão agrupados para que se possa proceder a uma análise de frequência e assim se definir as probabilidades "a posteriori" dos estados.

## Referências

- (I) Vide p.ex.:
  - (i) COLE, S.; CHICHILNISKY, G. Modelling With Scenarios Futures. August, 1978, pp. 303-321.
  - (ii) CHATEAU, B; LAPILLONNE, B. "Long-term energy demand forecasting". In: Energy Policy. June 78, pp. 141- 157.
  - (iii) M. J. CENTRON AND B. BARTOCHA (ed.). Technology Assessment in a Dynamic Environment. New York: Gordon & Breach Sc. Publ., 1973.
  - (iv) GROUPE RESSOURCES DE I.I.ASA (ed.). "Comparaison Welmm de scénarios énergétiques". In: Revue de L'Energie. pp. 516-529.
- 2 GORDON, T. J.; HAYWARD, H. "Initial Experiments with the Cross-Impact Matrix Method of Forecasting". In: Furures. v. 1, n 2, December 1968, pp.100-116.
  - 3 HONTON, E. J. et al. "Future Scenarios: the basic, computational method". In: Economic and Policy Anlysis Occasional Paper. n. 44, out 1984.
  - 4 MARCELLO, G. La Metodologia Basics per la costruzione degli scenari. Corso sulle tecniche di pianificazione energética. Sogesta, Urbino, Novembro 1992.
  - 5 GOLDEMBERG, J. et al. Cenários de demanda e investimentos em energia para o ano 2000 no Estado de São Paulo. São Paulo: CESP, 1986, 54 p.
- GONÇALVES, Marilson A. "A informação como recurso gerencial". In: A Informática e o Administrador de Saúde. Pioneira, 1987