ISSN:1983 7402 ITA, 25 a 28 de setembro de 2012

Investimentos em defesa: quanto vale a pena aplicar?

João José de Farias Neto
Divisão de Geointeligência, Instituto de Estudos Avançados, CTA, Trevo Coronel Aviador José Alberto Albano do Amarante, nº 1 – Putim
Cep - 12.228-001, São José dos Campos – SP – Brasil

***Resumo* — Qual deve ser o montante de recursos alocado pelo governo às forças armadas e, em particular, à Aeronáutica? Fixo um montante, como maximizar sua utilidade? Essas questões, aparentemente, têm sido respondidas com base na tradição e sentimentos vagos a respeito de mudanças nas probabilidades de ocorrência e magnitude de eventos que requeiram o uso das forças. Tentativas têm sido feitas de coletar e avaliar tais sentimentos através de entrevistas com membros dos escalões decisórios mais elevados.**

O que se pretende aqui é, ao invés de analisar sentimentos, estabelecer critérios racionais, para responder aquelas perguntas com base em situações e probabilidades objetivas. Propõe-se um enfoque dendrítico: um mesmo método pode ser aplicado em escalas cada vez menores.

***Palavras-Chave* — Valor da informação, equilíbrio econômico, dissuasão**

I. INTRODUÇÃO

A quantificação do montante de investimento que vale a pena realizar, nas forças armadas e seus diversos ramos, pode ser feita com base nas teorias econômica, dos jogos e da decisão. A primeira estabelece até quanto vale a pena investir em algum item da defesa: enquanto o retorno esperado do investimento for superior à taxa de crescimento do PIB do país. A segunda estabelece o quanto é necessário aplicar, para dissuadir inimigos racionais (nações ou qualquer outro tipo de organização) de atacarem. A terceira estabelece o valor das pesquisas sobre os parâmetros desconhecidos a serem usados pela primeira e a segunda. Nas seções seguintes, o modo como essas três teorias funcionariam será explicado e ilustrado com exemplos, começando pela última.

II. VALOR DA INFORMAÇÃO

"Valor da informação" é algo bem definido na literatura de opções reais: trata-se da diferença entre o valor da árvore decisória real e aquela em que as incertezas são resolvidas *a priori*. Obter informações é resolver incertezas.

Formalmente, como [1] coloca, o chamado valor esperado da informação perfeita (VEIP) é dado, no caso de neutralidade ao risco, por

$$VEIP = E[\max f(r,x)]-\max E[f(r,x)] \qquad (1)$$

onde r é um vetor de variáveis aleatórias e x um vetor de variáveis determinísticas. O segundo termo do lado direito de (1) representa o valor ótimo da decisão (escolha de x*) sob incerteza (quanto à realização de r).

No primeiro termo, para cada possível realização de r, escolhe-se x*(r); só depois toma-se o valor esperado sobre r, ou, equivalentemente, sobre x* (que agora, por depender de r, é uma variável aleatória).

A informação é dita perfeita, nesse caso, porque a escolha de x* no primeiro termo é feita sabendo-se exatamente o valor que r assumiu. Na maioria dos casos, o que se consegue é apenas estreitar a densidade de probabilidade de r com a ajuda de especialistas; ainda assim, o lado direito fica positivo, de modo que existe algum valor na opinião dos especialistas (o valor esperado da informação imperfeita – VEII); o cálculo é um pouco mais elaborado.

A referência [2] usa essa teoria, para embasar recomendações de pesquisas na área biomédica, de modo a tomarem-se decisões sobre aplicação de recursos governamentais. No contexto da Aeronáutica e, em particular, do acesso ao espaço sideral, pode-se imaginar o seguinte

Exemplo 1

Considere-se a escolha entre investir em uma linha de produção de VLS (veículo lançador de satélite) que inclua um estágio SCRAMJET (*supersonic combustion ramjet*) ou em uma que não inclua. O custo da primeira é maior, porém seus benefícios também (economia de comburente, aplicação a vôos suborbitais e barateamento do acesso ao espaço). Duas incertezas estão presentes:

a) Ao final de 5 anos, as linhas de produção estarão fabricando veículos que funcionam?

b) Quais os valores exatos dos benefícios de cada tipo de veículo (em reais)?

A resolução dessas incertezas requer pesquisas. Até quanto vale a pena investir nelas?

Segundo [3], a economia espacial do planeta em 2007 montou a US$250 bilhões. No caso do Brasil, considerando-se sua proporção da população mundial (2,7%) e que seu PIB per capita é aproximadamente o mesmo do planeta, podia-se aspirar a uma fatia de US$7 bilhões naquele ano ou US$10 bilhões daqui a cinco anos. A disponibilidade de um VLS de fabricação nacional abriria esse mercado ao país. Um VLS que dispusesse de um estágio SCRAMJET abriria, ademais, um mercado de voos hipersônicos suborbitais; dada sua maior complexidade, suponha que a linha de produção

joaojfn@ieav.cta.br, Tel. +55-12-39475315.

correspondente custasse US$10 bilhões a mais que a alternativa “só foguete”.

Considere-se a árvore decisória da Fig. 1, com valores de custos e benefícios estimados grosseiramente, expressos em unidades de US$10 bilhões, e ramos equiprováveis (isto é, em bifurcações: ½ e ½ ; em trifurcações: 1/3, 1/3 e 1/3), isto é, com distribuições de máxima entropia).

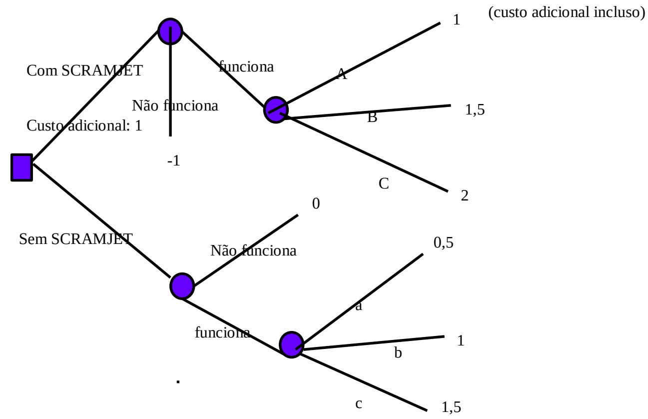

Fig. 1. Árvore decisória SCRAMJET.

Invertendo-se a árvore, de modo a deixar a decisão por último, tem-se a Fig. 2:

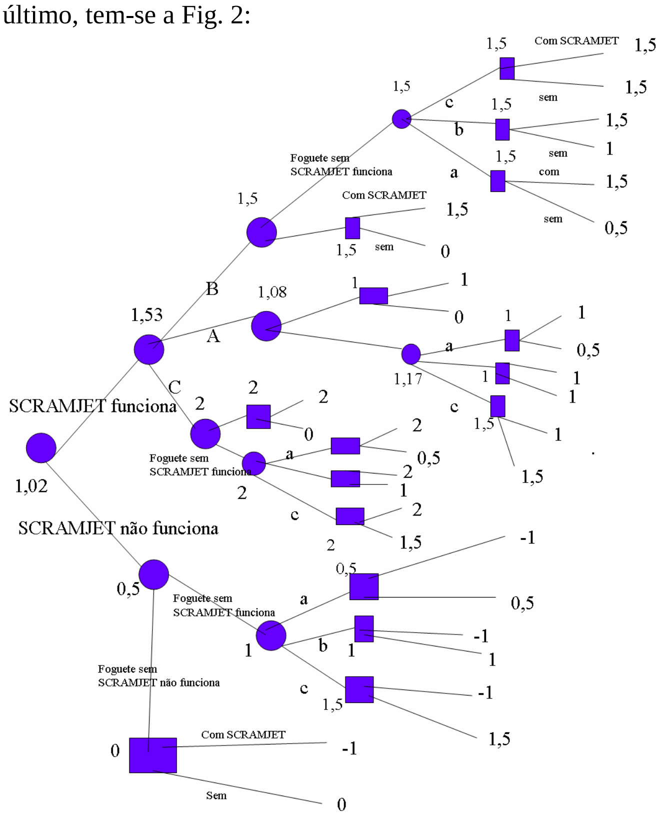

Fig. 2. Árvore invertida.

Subtraindo-se o valor da árvore original do desta aqui, chega-se ao valor 0,52 (US$5,2 bilhões**)**, que é o máximo que vale a pena investir na pesquisa para resolver as duas incertezas mencionadas. O valor isolado da resolução da incerteza quanto ao funcionamento das linhas de produção é 0,125 (US$1,25 bilhões), obtido substituindo-se nas árvores as incertezas quanto aos benefícios pela sua média (1, para o foguete sozinho e 1,5 para o foguete com SCRAMJET).

O valor isolado da resolução da incerteza quanto ao funcionamento do SCRAMJET e os seus possíveis “payoffs” é 0,4 (US$4 bilhões), obtidos invertendo-se a Fig. 3 e verificando que o valor da informação restante é de apenas 0,12.

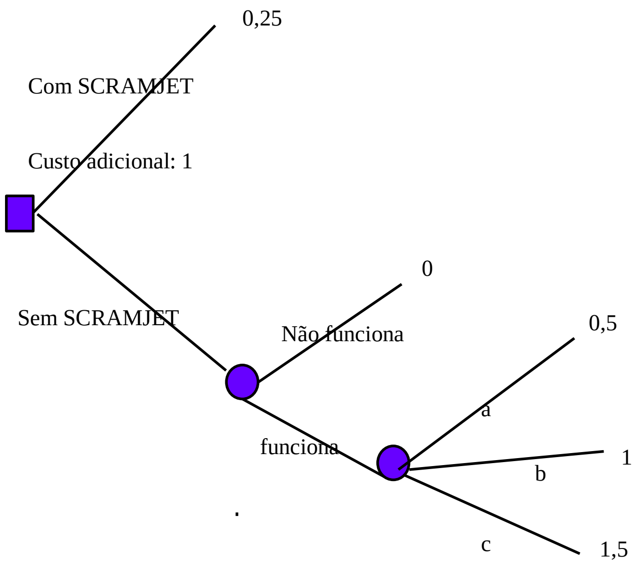

Fig.3. Árvore na qual as incertezas quanto ao SCRAMJET são substituídas pelo valor esperado global.

III. DISSUASÃO

No caso de agentes maliciosos - como países, terroristas e contrabandistas – o problema é como dissuadi-los de seus intentos nocivos. Dado o caráter racional e calculista de tais agentes, é preciso usar teoria dos jogos. A força de dissuasão tem o papel de deslocar o equilíbrio de um jogo de negociação no qual uma terceira opção (além do fechamento ou não do negócio) está presente: qualquer dos dois lados pode optar, a qualquer momento, por encerrar as conversas e sondagens e tentar impor sua vontade a força (cruzar a fronteira, no caso de países ou contrabandistas; sequestrar, ferir e matar inocentes, no caso de terroristas).

A referência [4] é o modelo matemático básico mais adequado aqui. Se não houvesse a opção de partir para a briga, por parte do jogador insatisfeito com a situação atual, o equilíbrio do jogo seria dado pelo resultado de [5]. Na presença dessa opção, o equilíbrio se altera para um lado ou outro, dependendo das crenças dos jogadores quanto à probabilidade de vencerem o embate físico e aos custos do embate para o seu oponente. Assim, o nível ótimo da força dissuasória é aquele que leva o equilíbrio do jogo a uma região aceitável do espaço de resultados possíveis.

O jogo descrito em [4] consiste em uma alternância de propostas dos dois jogadores (i – insatisfeito com o *status quo*; e s – satisfeito) sobre a repartição dos recursos. O adversário tem três opções: aceitar, recusar e fazer uma contraproposta ou recusar e partir para o embate físico. O equilíbrio do jogo depende de qual lado faz a primeira proposta. Como a utilidade dos recursos é decrescente com o tempo de espera, existe incentivo para o término do jogo o mais rápido possível (ele acaba quando um dos lados aceita a proposta de divisão oferecida pelo adversário ou parte para a briga).

Na ausência da opção de briga, o equilíbrio (deduzido em [5]) consiste na divisão igual dos recursos extras sem dono ou resultantes da sinergia da cooperação (daí a curva na Fig. 4, ao invés de uma reta ligando os pontos (0,1) e (1,0)). Esse equilíbrio é indicado pelo ponto R na Fig. 4.

Com a opção da disputa física, o cálculo do equilíbrio é mais complexo. Se os custos da briga para o adversário fossem conhecidos, consistiria em oferecer a ele a divisão que o deixasse indiferente entre aceitar e partir para a briga (supõe-se que a probabilidade p do insatisfeito ganhar seja de conhecimento comum). Na realidade, existem incertezas quanto àqueles custos; daí o retângulo sombreado na Fig. 4: cada um acha que os custos do adversário estão numa certa faixa, com uma certa distribuição de probabilidade dentro dela. O ponto F marca a divisão esperada (isto é, ponderada por p) de recursos após o embate físico, no caso em que os custos de ambos estão nos respectivos extremos inferiores das faixas de incerteza; dada a destruição e a ausência de sinergia no caso de guerra, F move-se em uma reta abaixo da curva que contém o ponto R.

O jogo com as incertezas quanto aos custos do embate físico é bayesiano: cada jogador imagina que está jogando com infinitos adversários (cada um com um valor diferente para os seus custos dentro da faixa de incerteza) e tem crenças quanto às probabilidades de cada um deles ser o verdadeiro. O equilíbrio resultante não será reproduzido aqui, dada o pouco espaço; no entanto, existe um resultado simples que diz quando não haverá a guerra.

No contexto da Aeronáutica, pode-se imaginar o seguinte

Exemplo 2

Considere-se o projeto FX. A disponibilidade dos caças a serem comprados reduzirá a probabilidade p de vitória de um incursor inimigo que queira apropriar-se de algum recurso nacional. Em consequência, sabendo disso, ele poderá desistir do enfrentamento físico e optar por negociações. Quanto vale a pena pagarmos pelos caças?

Suponha que a quantidade total do recurso disputado (parte do qual está no território nacional) seja 1 e que o incursor potencial i (insatisfeito) já disponha de uma quantidade q dele enquanto nós dispomos de b-q (repartição inicial representada pelo ponto Q na Fig. 4). Seja R=(r,1-r) a repartição de equilíbrio de Nash (r para o ele, 1-r para nós).

Então, o país ou grupo insatisfeito i não atacará, se p-r< d**,** onde d é o custo da guerra para ele.

Havendo o confronto, o vencedor fica com todos os recursos para si (os que já tinha mais os do adversário). Desse modo, o resultado esperado do confronto é (p,1-p). A compra dos caças pode ser a diferença entre a guerra e a paz, por diminuir p, dissuadindo o ataque inimigo.

Com isso, economiza-se s (o custo da guerra) mais a diferença (b-q)-(1-p) (o que tínhamos antes menos o valor esperado do que teremos depois do conflito). Então, o lote de caças vale V=s+(b-q)-(1-p). Suponha que, inicialmente, b=0,9, q=0,2, s=0,03, d=0,02 e que as utilidades Ui e Us sejam a identidade (U(x)=x) .

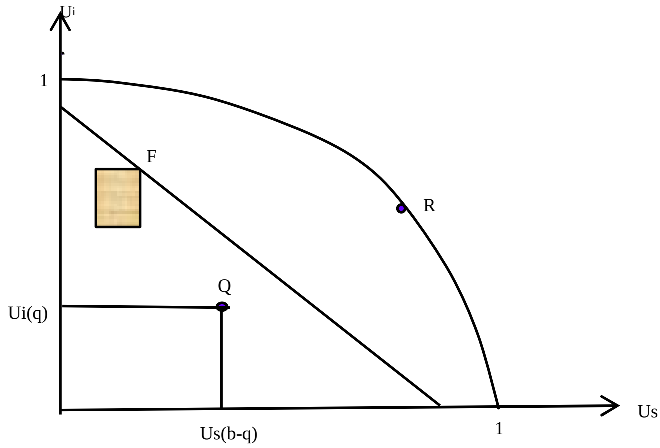

Fig. 4: Negociação à sombra do poder.

Então, a solução de Nash é r=0,25. Se, inicialmente, p=0,4, tem-se p-r=0,15>d=0,02. Se o lote de caças for suficiente para reduzir p para 0,27, garante-se a paz, fazendo uma economia de V=0,03+0,7-0,6=0,13.

Então, vale a pena pagar até 0,13 pelo lote de caças. Não é difícil imaginar cenários reais e valores aproximados em dólares ou reais, mas seriam informações reservadas. É preciso levar em conta também a frequência com que conflitos desse tipo ocorreriam ao longo da vida útil dos caças.

IV. MISSÕES DE BUSCA E SALVAMENTO

Deseja-se que o investimento I em equipamentos e pessoal capaz de realizar esse tipo de operações tenha o mesmo retorno esperado R da economia do país – algo, atualmente, entre 3 e 5% ao ano (taxa de crescimento do PIB). Seja X o montante a ser protegido e E(X) o valor esperado de X no final do horizonte de planejamento; E(X) < X, devido à possibilidade de catástrofes que diminuam o valor de X. A capacidade de busca e salvamento resultante do investimento I diminui o prejuízo esperado de D, isto é, o montante esperado no final do período passa a ser E'(X)=E(X)+D. Assim, a condição de equilíbrio em relação ao restante da economia é:

$$D/I=R \qquad (2)$$

No horizonte de um ano, se poderia ter, por exemplo, R=1,04.

Esse raciocínio pode ser aplicado em todos os níveis; desde o ponto de vista do orçamento global das forças armadas ou da Aeronáutica até as necessidades locais de preparação para desastres, considerando-se sua ramificação em regiões, estados, municípios e cidades.

Uma vez que se concorde com um método de quantificação dos valores a serem protegidos (qual o efeito da diminuição provisória da atividade de uma região, devido a chuvas ou seca, na economia do país? Qual o efeito positivo da intervenção das forças armadas nessa região, para a montagem de infraestrutura provisória de transporte e abastecimento?), tem-se como estabelecer racionalmente o nível ótimo de preparação para operações de busca e salvamento. O que falta é estimar as probabilidades e magnitudes das catástrofes e as capacidades de mitigação de determinadas configurações de forças de resgate. Trata-se de uma investigação que deve ser levada adiante enquanto o valor das informações obtidas compensar o esforço.

V. CONCLUSÕES

É possível precificar racionalmente os benefícios do sistema de defesa para o país, usando-se as teorias da decisão e dos jogos. Isso exigirá a ramificação da análise em níveis e subníveis; até que ponto ramificar é algo que pode ser estabelecido pelo valor da informação que se espera conseguir, como ilustrado no primeiro exemplo. A investigação dever chegar ao fim, quando não for mais economicamente viável continuar (esforço de resolução de incertezas maior do que o valor da informação resultante); então usa-se o modelo probabilístico, com as incertezas que não foram resolvidas, em um modelo matemático cujo nível de detalhamento é aquele onde se parou o processo de ramificação.

A região aceitável do espaço de resultados do jogo de dissuasão depende do poderio econômico do país: investir demais no setor de defesa implica em investir de menos em saúde, educação e infraestrutura; investir de menos nesse setor, em alta probabilidade de se perderem as melhorias feitas naquelas três áreas.

REFERÊNCIAS

[1] C. C. Huang, I. Vertinsky e W. T. Ziembra. “Sharp bounds on the value of perfect information”, Operations Research, vol. 25, n. 1, Jan-fev. 1977.

[2] K. Claxton et. all., “A Pilot Study of Value of Information Analysis to Support Research Recommendations for the National Institute for Health and Clinical Excellence”, The University of York, center for Health Economics, research paper 4, UK, junho, 2005.

[3] Space Economy. Disponível em: <http://www.economyweb.com/space_economy.htm>. Acesso em: 02/07/2012.

[4] R. Powell, “Bargaining in the shadow of power”, Games and Economic Behavior,15, 255-289, 1996.

[5] J. Nash, "The Bargaining Problem", Econometrica, 28(2),155-162,1950.