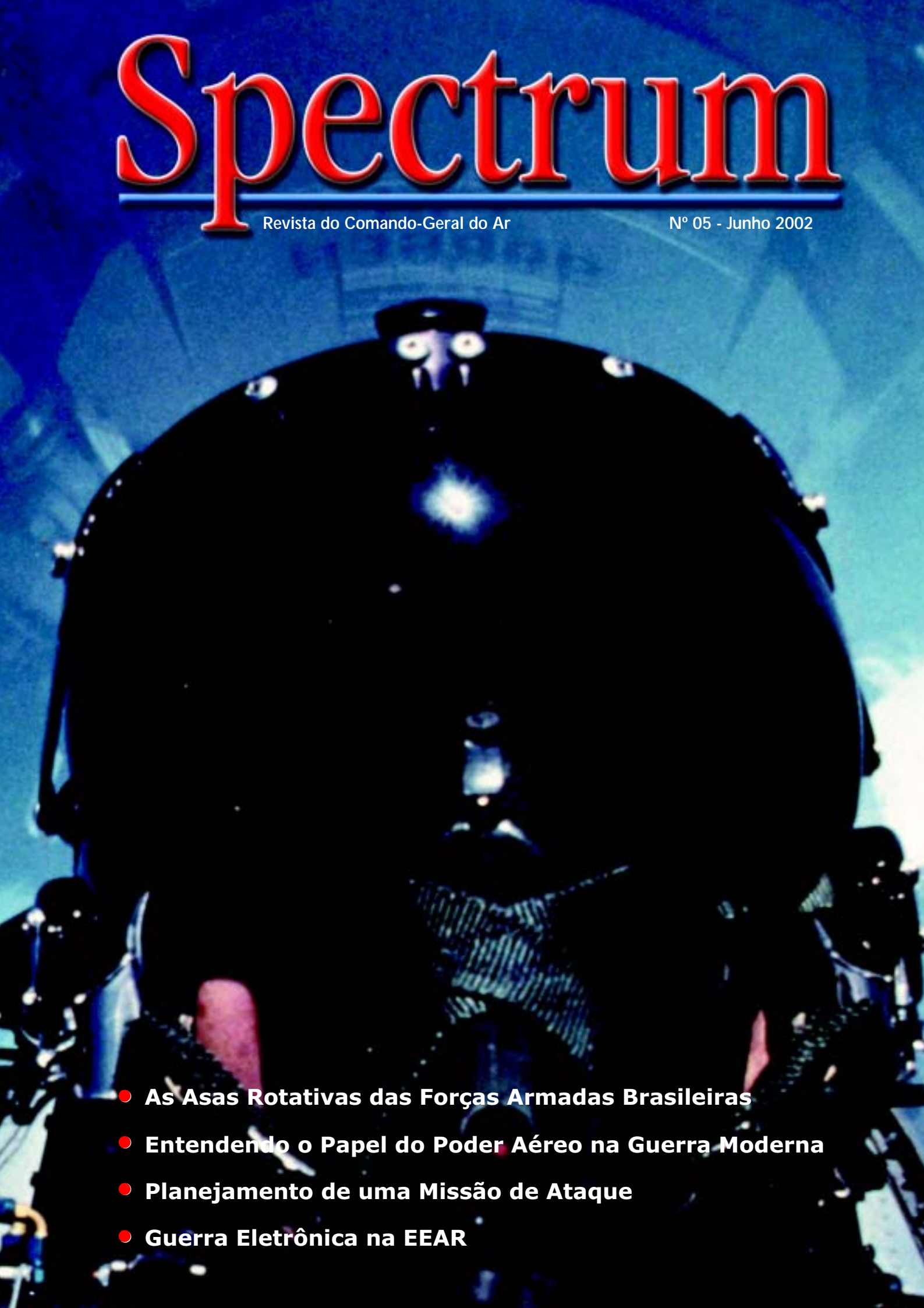


Spectrum

Revista do Comando-Geral do Ar

Nº 05 - Junho 2002

- 
- **As Asas Rotativas das Forças Armadas Brasileiras**
 - **Entendendo o Papel do Poder Aéreo na Guerra Moderna**
 - **Planejamento de uma Missão de Ataque**
 - **Guerra Eletrônica na EEAR**

Planejamento de uma Missão de Ataque

Maj.-Av. Davi Castro

Entre os muitos fatores que devem ser levados em consideração no planejamento de um ataque existe a avaliação do número de aeronaves necessárias para cumprimento da missão. A resposta se baseará numa análise do alvo e no grau de precisão possível de se atingir com as aeronaves, armamentos e pilotos disponíveis. Sobre esses últimos, o que se tem são os dados de treinamentos em estande, realizados nas diversas modalidades de emprego. Mas como usar esses dados?

Neste artigo pretendemos aplicar alguns conceitos de Probabilidade e Estatística na solução de um problema de nosso dia-a-dia operacional. O exemplo e os dados são completamente fictícios, elaborados tão somente a título de ilustração. Entretanto, o modelo aplicado, por ser genérico, pode ser ajustado para qualquer unidade aérea que pretenda estimar o número de aeronaves necessárias para cumprimento de uma missão de ataque ao solo.

A situação

Suponhamos que a seguinte situação tenha sido apresentada ao A-3 da FAE III: "Um determinado alvo circular, para ser considerado destruído, deve ser atingido por pelo menos uma bomba a uma distância máxima de 15 ft do seu centro. Você deve enviar o menor número possível de aeronaves para atacá-lo de maneira que cada uma faça apenas uma passagem contra o alvo (reposicionamento proibitivo devido à presença de artilharia anti-aérea) e que a missão seja cumprida com 90% de chance de êxito".

Propositadamente, nosso exemplo não desce ao detalhe da análise de dano, vamos assumir simplesmente que as informações sobre o alvo estão disponíveis. Outras duas considerações foram feitas para facilitar a abordagem: o alvo é circular e cada aeronave deve lançar apenas uma bomba. Veremos mais tarde porque.

Os dados disponíveis

Vamos supor ainda que para resolver o problema o oficial de operações tem em mãos os resultados de uma missão de qualificação em lançamento de bombas para dez pilotos de dois esquadrões diferentes, "A" e "B". Somente um dos Esquadrões deverá ser escalado para o ataque.

Tabela 1: Resultados para uma missão de lançamento de bombas dos esquadrões "A" e "B"

Piloto nº	Esquadrão "A"	Esquadrão "B"
01	35 ft às 6 horas	25 ft às 4 horas
02	50 / 1	35 / 7
03	45 / 10	20 / 5
04	bingo	30 / 3
05	20 / 2	5 / 12
06	60 / 10	35 / 11
07	45 / 4	10 / 1
08	55 / 7	20 / 11
09	bingo	10 / 6
10	40 / 4	20 / 10

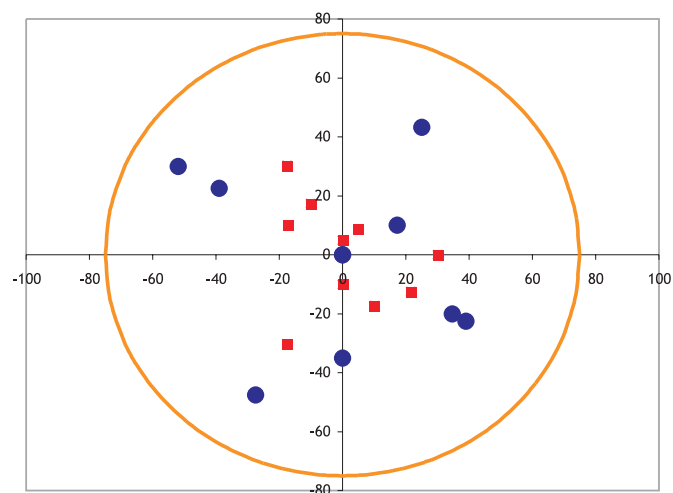


Figura 1: Apresentação pictorial dos valores da tabela 1. Em azul os lançamentos do esquadrão "A" e em vermelho os lançamentos do Esquadrão "B".

Para melhor visualização, a "roleta" com os acertos dos dois esquadrões está apresentada na figura 1. Os dados disponíveis parecem bons, não se observam tendências ou qualquer outra anomalia que possa nos fazer desistir de usá-los. Fazendo a projeção dos vinte resultados nos eixos x (horizontal) e y (vertical), chegamos nos valores da tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Resultados da tabela 1 projetados nos eixos cartesianos. A origem é o centro do alvo.

Piloto	Esquadrão "A"		Esquadrão "B"	
	x	y	x	y
1	0	-35	22	-12
2	25	43	-17	-30
3	-39	22	10	-17
4	0	0	30	0
5	17	10	0	5
6	-52	30	-17	30
7	39	-22	5	9
8	-27	-48	-10	17
9	0	0	0	-10
10	35	-20	-17	10
média	-0,2	-1,9	0,4	0,1
σ	30,9	29,3	16,7	17,9

Observe que o Esquadrão "A", apesar de possuir um maior número de bombas exatamente no centro do alvo (bingo), tem também um maior número de bombas lançadas longe, resultando em uma dispersão (σ , desvio padrão) maior que para o outro Esquadrão. As médias não estão "zeradas" mas podem ser desprezadas pois representam erros muito pequenos. Se houvesse uma tendência muito forte de resultado fora do centro do alvo, deveriam ser pesquisados prováveis problemas na harmonização, nos parâmetros de lançamento, nos ajustes de computadores e/ou visores etc.

Uma vez que o alvo é circular e temos resultados compatíveis, devemos estabelecer desvios padrões iguais para os eixos x e y. Serão usados os seguintes valores: $\sigma_A = 30$ e $\sigma_B = 17$ ft.

Até aqui o que fizemos foi criar um modelo probabilístico para descrever a capacidade de cada Esquadrão em acertar um alvo circular. A partir desse ponto assumimos que qualquer combinação de pilotos do Esquadrão "A" apresenta o mesmo desempenho baseado em σ_A e, da mesma forma, para o Esquadrão B com σ_B . Estabelecemos, portanto, uma medida objetiva da capacitação operacional de cada Esquadrão, passível de ser melhorada conforme sejam realizadas mais missões de estande, o que permitiria um acompanhamento contínuo

da qualidade do treinamento dos pilotos.

Solução

Para resolver o problema proposto, temos que, primeiramente, calcular a probabilidade de cada esquadrão acertar o alvo. Isso é feito usando-se uma fórmula bastante simples para o caso de alvo circular [1]:

$$P_{hit} = 1 - e^{-\frac{R^2}{2\sigma^2}}$$

onde

P_{hit} = probabilidade de acerto

R = raio do alvo (15 ft no caso em questão)

σ = desvio padrão

Esta fórmula deriva da distribuição binormal (produto de duas distribuições normais independentes), cujos detalhes fogem ao objetivo do artigo. Fazendo o cálculo para cada Esquadrão chegamos aos seguintes valores:

	Esquadrão "A"	Esquadrão "B"
P_{hit}	$= 1 - e^{-\frac{15^2}{2 \cdot 30^2}} =$ 0,1175 (11,75 %)	$= 1 - e^{-\frac{15^2}{2 \cdot 17^2}} =$ 0,3225 (32,25 %)

Levando-se em consideração que cada aeronave fará apenas um lançamento, podemos usar as probabilidades calculadas de forma independente. Em outras palavras, cada lançamento pode ser tratado como um evento isolado, descorrelacionado dos demais. Isso é importante também porque independência é uma condição implícita na fórmula que usamos logo acima.

Bem, desejamos ter 90% de certeza que **pelo menos** uma bomba atingirá o alvo. Ou seja, qualquer que seja "n", o número de bombas lançadas, uma delas obrigatoriamente deverá cair sobre o alvo, as outras podem até



O Major Davi Rogério da Silva Castro é piloto de Ataque, concluiu o CFOAv em 1987 e atualmente é mestrando em Análise Operacional na Naval Postgraduate School, EUA. É Engenheiro Eletrônico pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e possui o Curso Básico de Guerra Eletrônica.

mesmo errar. Para entender o que está em jogo, vamos fazer os cálculos das probabilidades para "n" igual a 2, quando então surgem quatro situações:

a) as duas bombas acertam o alvo. Como os eventos são independentes, multiplicamos as probabilidades de sucesso:

$$P_{total} = P_{hit} \cdot P_{hit} = P_{hit}^2$$

b) a primeira acerta e a segunda erra o alvo. A probabilidade de errar é o complemento da probabilidade de acertar:

$$P_{total} = P_{hit} \cdot (1 - P_{hit})$$

c) a primeira bomba erra e a segunda acerta, mesmo resultado da letra b:

$$P_{total} = (1 - P_{hit}) \cdot P_{hit}$$

d) as duas bombas erram o alvo:

$$P_{total} = (1 - P_{hit}) \cdot (1 - P_{hit}) = (1 - P_{hit})^2$$

Observe que apenas a situação (d) não nos serve e que todas as quatro probabilidades somadas nos fornecem 100%. Verifique também que no caso geral, a probabilidade de errar o alvo em todos os "n" lançamentos é

$$(1 - P_{hit})^n$$

Dessa forma, podemos descrever o resultado de "pelo menos um acerto" como sendo "todas as possibilidades, menos a que representa nenhum acerto". Como temos que alcançar 90% de êxito na missão, chegamos à fórmula final (lembre que 90% = 0,9):

$$0,9 = 1 - (1 - P_{hit})^n$$

Para determinar "n" basta aplicar logaritmos em ambos os termos da expressão acima:

$$\log((1 - P_{hit})^n) = \log(1 - 0,9) \Leftrightarrow n \cdot \log(1 - P_{hit}) = \log(0,1)$$

Finalmente temos:

$$n = \frac{-2,3026}{\log(1 - P_{hit})}$$

	Esquadrão "A"	Esquadrão "B"
nº mínimo de aeronaves necessárias	19	6
probabilidade de êxito	90,7 %	90,3 %

Conclusão

O Esquadrão "B" é o mais indicado para cumprimento da missão. O Esquadrão "A" sequer teria condições de atender a solicitação proposta, pois cada piloto teria que fazer dois lançamentos. Verificamos que mais importante que possuir poucos expoentes, é fazer com que todos os pilotos tenham bons resultados.

Como foi explicado no início do artigo, os dados são fictícios, gerados para causar um certo impacto na conclusão. Observe que a diferença no desvio padrão é aproximadamente 50%, mas o número de aeronaves resultante para o Esquadrão "A" é mais que três vezes maior que para o Esquadrão "B". Chegar a essa conclusão sem fazer os cálculos é impossível.

Podemos concluir que é possível fazer o planejamento de uma missão baseado em resultados de treinamento: quanto mais dados, melhores as medidas de eficiência e melhores as estimativas. Podem-se estabelecer medidas de eficiência não só para o esquadrão mas também para cada piloto, em cada modalidade de emprego, o que vai aprimorar mais ainda o planejamento.

Referências

- [1] PRZEMIENIECKI, J. S.; "Mathematical Methods in Defense Analyses", 3rd Edition, AIAA Education Series, 2000.
- [2] ANDRADE, Eduardo Leopoldino; "Introdução à Pesquisa Operacional", 2a. Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 1998.

