

Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: Aplicação de Simulação na Resolução de Problemas Probabilísticos
Bolsista: Heitor Rodrigues Leão Faria
Orientador(a): Filipe Rodrigues de Souza Moreira
Período a que se refere o relatório: Fevereiro de 2017 a Julho de 2017

Resumo

Este trabalho consiste no desenvolvimento de simulações computacionais de probabilidade para análise de um dado evento pré determinado, com o uso da metodologia da simulação Monte Carlo em ambiente Matlab. O desafio em questão foi encontrar um número ótimo de bombas que neutralize uma pista de pouso e decolagem em 90% dos eventos, sendo livre a escolha da metodologia de ataque.

1. Introdução

Técnicas de simulações computacionais são ferramentas de grande uso para análises de eventos que demandam um excelente planejamento pois permite o estudo de variações e os fenômenos causados pelas mesmas. Elas podem ser utilizadas em qualquer tipo de análise, desde risco de operações financeiras com tentativas de prever o comportamento do mercado, até mesmo no estudo de estratégias militares de ataque, que auxiliam a otimizar e economizar recursos.

O trabalho proposto realiza análises estratégicas de ataque e demonstra a diferença de resultados entre uma estratégia bem formulada e uma estratégia aleatória.

2. Materiais e métodos

Os conceitos utilizados para o projeto final são os mesmos apresentados no relatório parcial do projeto [1]; variáveis aleatórias, distribuição uniforme, distribuição normal, distribuição conjunta de duas variáveis aleatórias, CEP (Circular Error Probability) e Simulação Monte Carlo. Entretanto agora os mesmos conceitos são trabalhados em uma outra problemática mais elaborada.

2.1. Requisitos

O novo problema consiste em descobrir o número ótimo de bombas, com um dado CEP, para invalidar uma pista de pouso através do uso da simulação Monte Carlo. A análise e construção foi feita em ambiente MATLAB com os seguintes requisitos do problema.

- 1 – A pista de pouso possui dimensões de 2000 x 200m;
- 2 – Para fazer pousos e decolagens nessa pista, é necessário uma janela mínima, em qualquer parte dela, de dimensões 900 x 80m;
- 3 – Um grupo militar irá bombardeá-la utilizando bombas com raio de destruição de 15 metros;
- 4 – O CEP do armamento utilizado é de 10 metros;
- 5 – O grupo planeja modelar um ataque que sejam necessários um número ótimo de bombas para que a probabilidade de neutralizar pousos e decolagens na pista seja de 90%;
- 6 – As aeronaves utilizadas para o ataque podem carregar no máximo 4 bombas por ataque.

Com os conceitos aplicados no trabalho parcial [1] e os requisitos apresentados pelo problema, foi desenvolvido 4 algoritmos que descreveriam as simulações dos ataques; Programa Principal; Condições Iniciais; Estratégia de Mira; Análise de Neutralização.

O primeiro algoritmo, Programa Principal, estrutura a organização de todo o problema, chama as funções de condições iniciais, enumera o número de simulações realizadas, cria os loops onde chama o algoritmo de estratégia de mira e soma o erro aleatório a eles, após isso os pontos são analisados para verificar se houve neutralização da pista. Por fim, o programa principal conta o número de neutralizações e erros da pista e também plota o resultado a última simulação realizada em um gráfico para ilustrar um dos resultados obtidos.

O segundo algoritmo, Condições Iniciais, enumera as condições iniciais do problema, como o tamanho da pista, as dimensões mínimas, o número de bombas lançadas, os valores da média e desvio padrão que caracterizam a os lançamentos das bombas e os vetores onde serão registrados os disparos.

O terceiro algoritmo, Estratégia de Mira, define a estratégia de ataque utilizada, ele cria os pontos de mira a partir de uma lógica em que o usuário pode definir sem grandes

dificuldades. Todos os pontos gerados também contam com um erro de mira gerado por uma distribuição uniforme, que simula o erro sistemático.

O quarto algoritmo, Análise de Neutralização, checa na área da pista com base nos requisitos enumerados no problema, se com o a área danificada pelas bombas houve ou não neutralização da pista de pouco e decolagem, também realiza a contagem desses resultados para gerar os dados de análise.

2.2. CEP do armamento

Nos requisitos, cita que as bombas utilizadas na simulação possuem seu CEP de 10 metros, isso significa que ao lançá-la diretamente em um ponto de mira, ela possui 50% de chance de cair dentro de uma região circular em torno desse ponto com o raio de 10 metros. Entretanto, para trabalhar essa informação na simulação, foi utilizada a equação a seguir:

$$CEP = \sigma \sqrt{-2 \ln(0,5)} \quad (1)$$

- CEP – Circular Error Probability (m)
- σ - Desvio Padrão associado ao CEP (m)

Aplicando o valor do CEP na equação (1), foi calculado que o valor do desvio padrão associado ao armamento utilizado é de 8,5 metros, o desvio padrão é declarado como uma variável no algoritmo de “Condições Iniciais”.

2.3. Desenvolvimento dos algoritmos

O primeiro algoritmo desenvolvido foi o “Programa Principal”, pois era o corpo de todo o projeto. Todo seu desenvolvimento foi feito em ambiente Matlab. O fluxograma a seguir apresenta a lógica dos processos realizados.

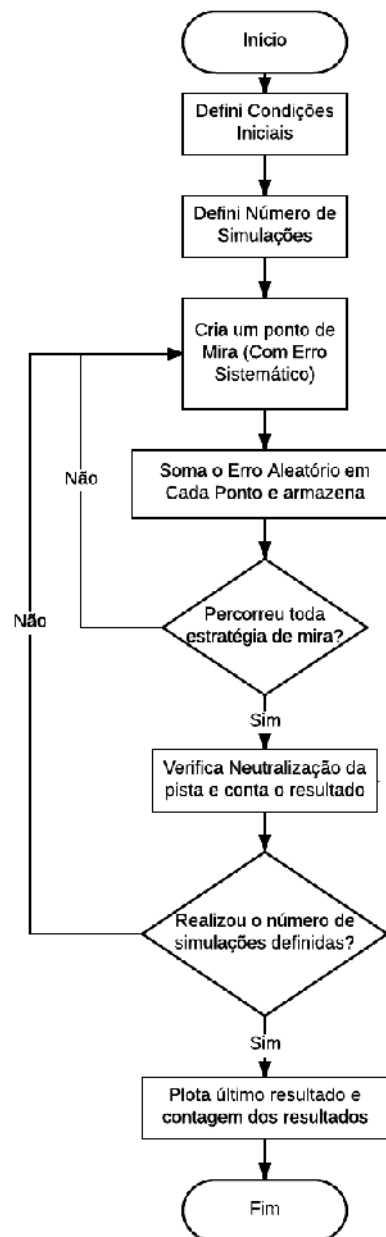


Figura 1 – Fluxograma da Função Principal

O algoritmo desenvolvido possui algumas funcionalidades que permitem boa flexibilidade para a análise de problemas semelhantes. Por exemplo, nele é possível alterar o número de simulações realizadas, assim como o número de bombas a serem utilizadas.

O algoritmo de Análise de Neutralização da pista realiza a análise através da divisão da área total da pista em três partes com dimensões 200 x 900 m, como ilustrado na figura a seguir.

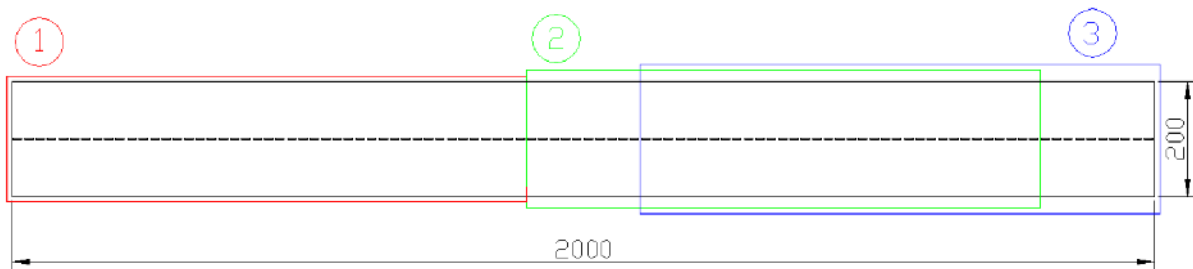


Figura 1 – Esboço da Pista e áreas de verificação utilizadas pelo algoritmo

Assim, o algoritmo faz a verificação de condições dentro das áreas 1, 2 e 3, verificando se não há nenhuma lacuna entre as áreas de dano de uma bomba e outra ou entre os limites da pista. Caso tenha uma lacuna dentro de uma das áreas com o valor vertical maior do que o requisito mínimo, que é 80 metros, então dentro da área observada há condições de realizar pouso e decolagens, logo a pista não foi neutralizada nessa situação, em caso contrário, em que não há nenhuma lacuna maior do que o requisito, então considera-se que a pista foi neutralizada.

O algoritmo de de Estratégia de Mira é criado de acordo com a estratégia utilizada pelo usuário para simular os ataques. Um exemplo desenvolvido, realiza disparos em uma área interna da pista com dimensões 100 x 600 m na parte central. Os disparos são distribuídos igualmente entre as diagonais dessa área.

2.4. Aprimorações nos Algoritmos

As aprimorações que aqui serão sugeridas para o algoritmo irão trazer maiores funcionalidades para os usuários como poderem testar novas estratégias de mira, alterar o tamanho da pista para quaisquer dimensões e ainda permitir a mesma análise, criar mais áreas de verificação da pista para checar a neutralização.

No código, o algoritmo de Estratégia de Mira retorna apenas um vetor com a posição horizontal e vertical de onde o sistema mira na pista, com isso, é muito simples desenvolver novas estratégias de mira em que retornem apenas esses dois valores, sendo possível criar estratégias que seguem funções lineares, oscilatórias ou até mesmo definir pontos particulares de ataque.

O código atual para checar as neutralizações não permite uma boa análise caso a pista tenha dimensões de comprimento e largura maiores, porém, é possível adaptar esse contexto pois para isso, a estrutura se mantém, o que muda é somente o número de áreas de verificação, e

também coloca-las as dentro dos mesmos códigos de verificação já desenvolvidos para as áreas 1,2 e 3.

3. Resultados

Com a simulação desenvolvida, iniciaram-se uma bateria de testes para verificar sua funcionabilidade. Os primeiros testes visavam verificar condições extremas para o número de bombas. Para o problema proposto, o número mínimo necessário para neutralizar a pista são 4 bombas, isso também se refletiu na simulação pois todos os testes com números menores mostraram um cenário em que a pista nunca era neutralizada. Por outro lado, utilizando uma quantidade de 70 bombas, para a estratégia de mira descrita no item 2.3 mostrou que praticamente 100% das vezes a pista era totalmente neutralizada.

Para fins analíticos, foram simuladas a estratégia de mira descrita no item 2.3 e uma estratégia que simulava disparos aleatórios na mesma área estratégia principal. O número de eventos definidos para cada uma das estratégias de mira foi 50000, variando o número de bombas a cada duas unidades. As tabelas abaixo apresentam os dados recolhidos dos testes realizados.

Estratégia: Descrita no Item 2.3				Estratégia: Disparos aleatórios			
Número Bombas	Neutralizações	Ataques Falhos	Prob.	Número Bombas	Neutralizações	Ataques Falhos	Prob.
4	28735	21265	57,470%	4	31	49969	0,062%
6	28792	21208	57,584%	6	313	49687	0,626%
8	34404	15596	68,808%	8	1085	48915	2,170%
10	36671	13329	73,342%	10	2291	47709	4,582%
12	37170	12830	74,340%	12	4267	45733	8,534%
14	44620	5380	89,240%	14	6378	43622	12,756%
16	48096	1904	96,192%	16	8698	41302	17,396%
18	48545	1455	97,090%	18	11274	38726	22,548%
20	48810	1190	97,620%	20	13933	36067	27,866%
22	49084	916	98,168%	22	16305	33695	32,610%
24	49200	800	98,400%	24	18936	31064	37,872%
26	49447	553	98,894%	26	21346	28654	42,692%
28	49572	428	99,144%	28	23636	26364	47,272%
30	49706	294	99,412%	30	25634	24366	51,268%
32	49784	216	99,568%	32	27642	22358	55,284%
34	49819	181	99,638%	34	29286	20714	58,572%



36	49859	141	99,718%	36	31040	18960	62,080%
38	49905	95	99,810%	38	32518	17482	65,036%
40	49916	84	99,832%	40	33978	16022	67,956%
42	49943	57	99,886%	42	35308	14692	70,616%
44	49952	48	99,904%	44	36484	13516	72,968%
46	49968	32	99,936%	46	37505	12495	75,010%
48	49974	26	99,948%	48	38569	11431	77,138%
50	49982	18	99,964%	50	39399	10601	78,798%
52	49986	14	99,972%	52	40317	9683	80,634%
54	49987	13	99,974%	54	41109	8891	82,218%
56	49993	7	99,986%	56	41859	8141	83,718%
58	49997	3	99,994%	58	42403	7597	84,806%
60	49997	3	99,994%	60	42912	7088	85,824%
62	49997	3	99,994%	62	43528	6472	87,056%
64	49998	2	99,996%	64	44104	5896	88,208%
66	50000	0	100,000%	66	44447	5553	88,894%

Tabela 1 – Resultados das Simulações

Plotando os resultados em um gráfico, é notável a grande diferença na eficiência da estratégia de mira adotada para uma estratégia totalmente aleatória. Para o problema apresentado, o número ótimo de bombas com probabilidades de 90% de neutralização da pista é de 16 bombas adotando a estratégia de mira do item 2.3 (linha azul), para a distribuição aleatório (linha laranja) essa acurácia não é alcançada até mesmo com o número máximo de bombas analisadas, que são 66.

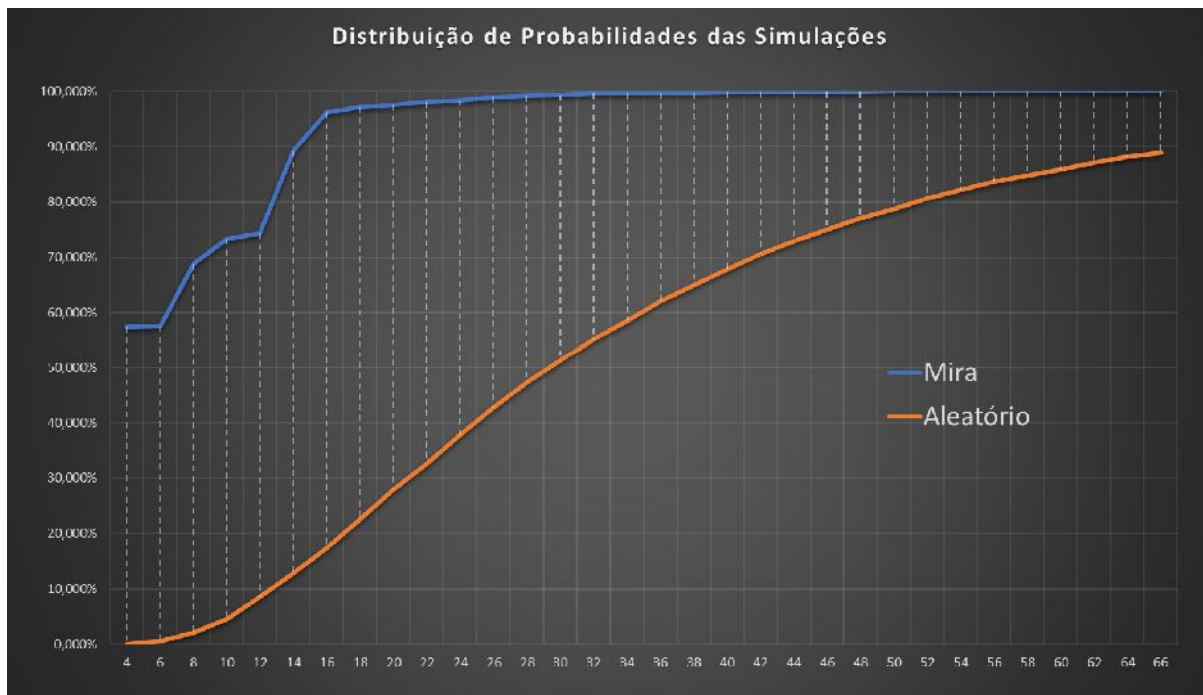


Figura 2 – Resultado da Distribuição de Probabilidades das Simulações

4. Conclusões

O algoritmo desenvolvido apresentou resultados condizentes e pode ser considerado uma boa ferramenta para auxiliar em estratégias de ataques a pistas de pouso e decolagem. Com as melhorias destacadas no item 2.4, ele pode ter um uso generalizado para quaisquer requisitos apresentados na estrutura semelhante do problema. Foi verificado que o número ótimo de bombas a ser utilizado para neutralizar a pista é de 16 bombas, o que seria ataque de 4 aeronaves efetuando 4 disparos cada uma.

Foram feitas simulações primárias levando em consideração somente um armamento em um alvo simples, em seguida, extendendo os conceitos, foi simulado um armamento em uma dada condição de disparo e com uma missão a ser cumprida, o que gerou resultados satisfatórios sobre as táticas utilizadas. Para continuidades do trabalho, sugere-se os pontos do item 2.4 e o uso da metodologia em situações com novas restrições, considerando desvios padrões em direções longitudinais e transversais, modelamento do voo do armamento até chegar na pista e desenvolvimento de novas estratégias de ataque.

5. Agradecimentos

Agradeço ao PIBIC/IAE e a meu orientador Filipe Rodrigues de Souza Moreira pela oportunidade e pelo trabalho desenvolvido.



6. Referências

- [1] Relatório Parcial - Aplicação de Simulação na Resolução de Problemas Probabilísticos, Faria. H.R.L.
- [2] Devore, Jay L, Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências, 1945, 519.2 D512p