



PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

Prof. Dr. Rogério Santana Peruchi
rogerioperuchi@ct.ufpb.br

Laboratório de Métodos Quantitativos Aplicados
Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Universidade Federal da Paraíba



Tuiuiu Papercóptero



DOE

Modelagem e otimização do desempenho de voo de helicópteros de papel

(Adaptado de Box, Bisgaard and Fung – *Designing Industrial Experiments: The Engineer's Key to Quality*, 1990)



Tuiuiu Papercóptero: O Problema



A empresa TUIUIU Papercóptero possui uma ampla gama de modelos de aeronaves responsáveis por atender a demanda dos seus diversos segmentos de mercado.

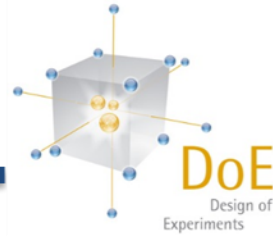
Para o consumidor final, um bom desempenho de voo das aeronaves é o requisito essencial. Este requisito pode ser desdobrado na seguinte característica da qualidade:

- Tempo de voo (Y_1) – quanto maior melhor
- Distância ao alvo (Y_2) – quanto menor melhor

Com objetivo de atender melhor seus clientes, a empresa contratou uma equipe com treinamento na NAUSEA (Núcleo Avançado Universal de Estudos Aeronáuticos) para conduzir um estudo de modelagem e otimização do desempenho de voo das aeronaves.



Tuiuiu Papercóptero: O Problema



Para definir quais fatores na construção das aeronaves otimizam seu desempenho de voo, exige-se o seguinte estudo:

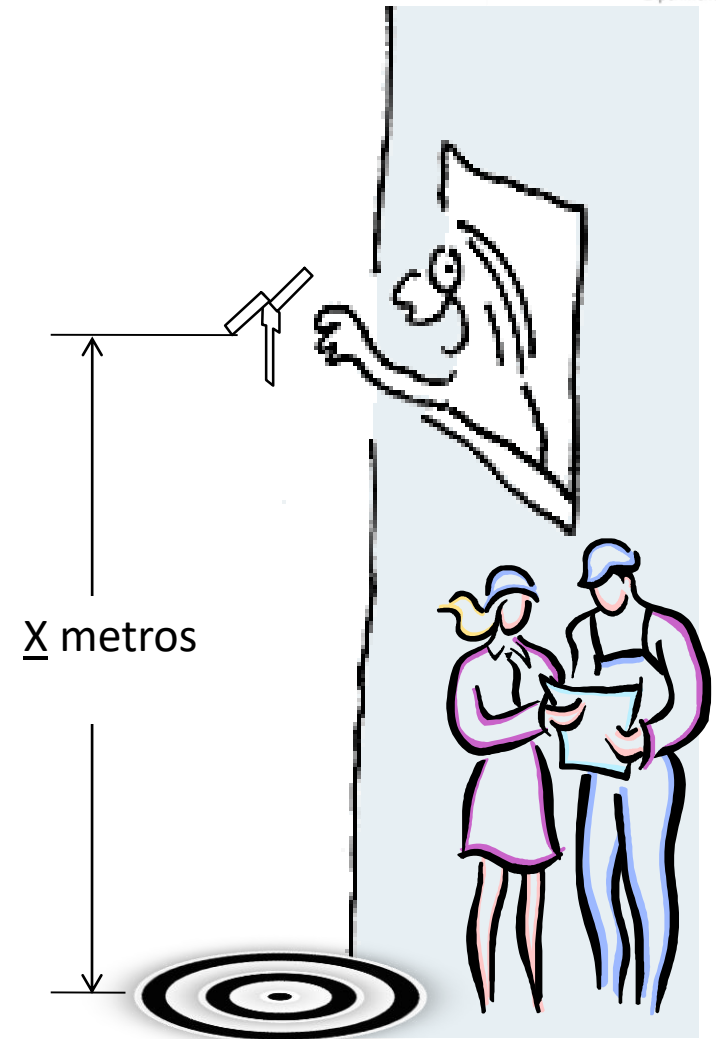
1. Definir o problema
2. Selecionar variáveis de resposta, Y_s
3. Escolher fatores (X_s) e seus níveis
4. Escolher o arranjo experimental
5. Executar o experimento
6. Análise estatística dos dados
7. Conclusões e recomendações



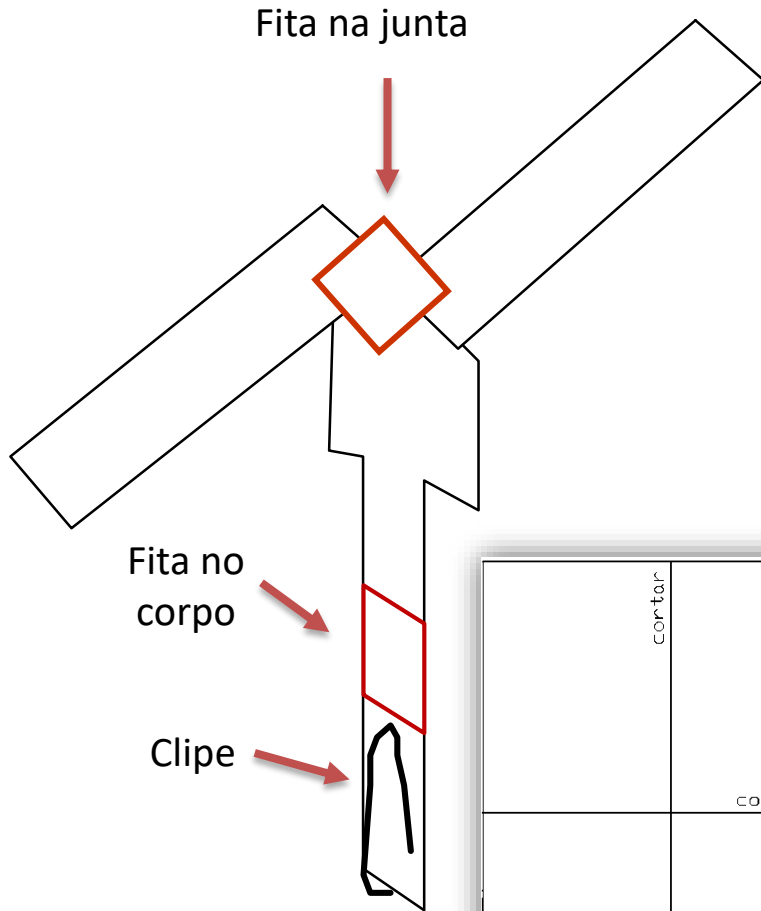
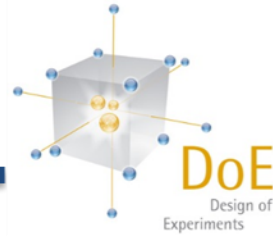
Variáveis de resposta (y)

Os experimentos consistem no lançamento de helicópteros de da altura ___ metros.

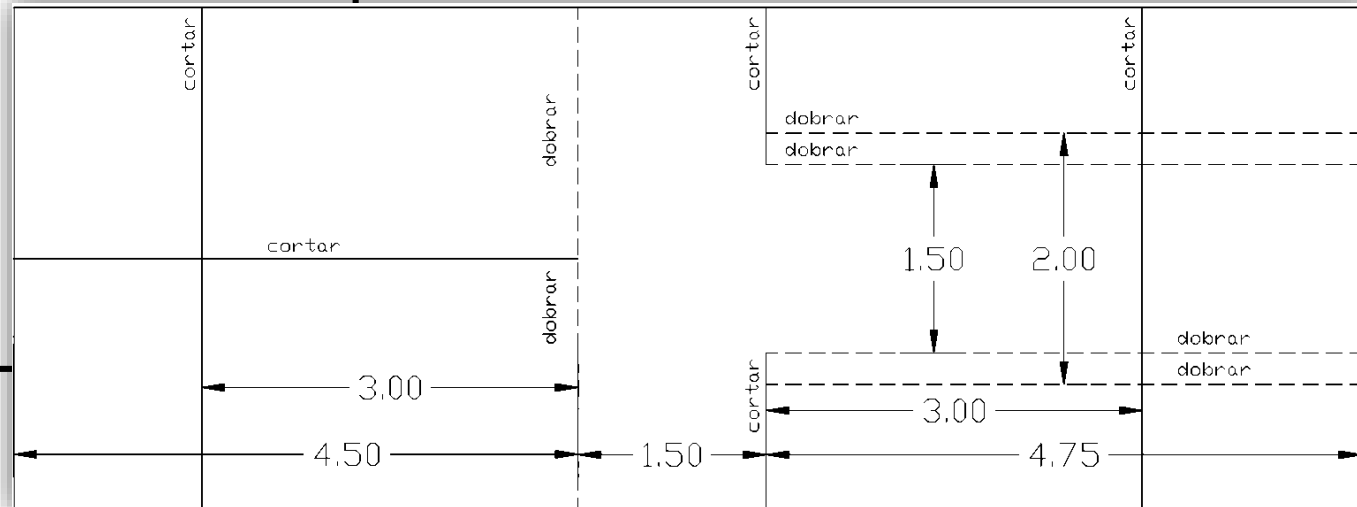
- Y_1 é o tempo de queda da aeronave, medido até a escala de centésimos de segundo
- Y_2 é a distância entre onde a aeronave pousou e um alvo fixo no chão medido em milímetros.



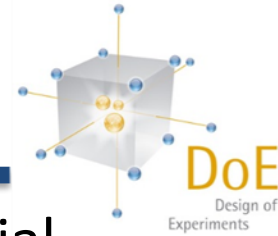
Fatores (x), níveis e arranjo experimental



Exemplo de construção de uma aeronave



Fatores (x), níveis e arranjo experimental



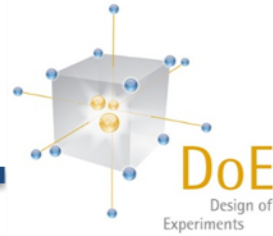
- Gerar plano de coleta de dados, baseado no arranjo fatorial completo, usando os seguintes dados:
 - 8 aeronaves
 - 3 réplicas (lançar cada aeronave três vezes)
 - Total de 24 experimentos. Usar aleatorização.

Fatores e níveis				Fatores mantidos constantes			
Aeronave	Tipo Papel	Clipe	Comp. Asa	Comp. corpo	Larg. Corpo	Fita corpo	Fita asa
1	Pesado	Não	3	4,75	1,5	Não	Não
2	Leve	Não	3	4,75	1,5	Não	Não
3	Pesado	Sim	3	4,75	1,5	Não	Não
4	Leve	Sim	3	4,75	1,5	Não	Não
5	Pesado	Não	4,5	4,75	1,5	Não	Não
6	Leve	Não	4,5	4,75	1,5	Não	Não
7	Pesado	Sim	4,5	4,75	1,5	Não	Não
8	Leve	Sim	4,5	4,75	1,5	Não	Não

Definir um procedimento operacional padrão para executar os experimentos e coletar as medições



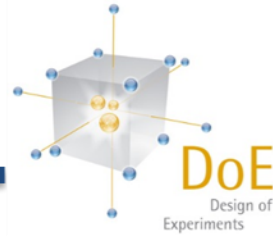
Análises estatísticas e recomendações



1. Análise estatística dos dados
 - a. Estimar modelo fatorial completo
 - b. Identificar termos significativos
 - c. Refinar modelo
 - d. Aplicar testes de adequação ao modelo
 - e. Análises gráficas do comportamento do processo
2. Conclusões e recomendações
 - a. Quais fatores (X) alteram significativamente o desempenho de voo (Y_1 e Y_2) das aeronaves? Qual fator (X) é o mais significativo?
 - b. Quais são os níveis dos fatores (X) que maximizam o tempo de voo (Y_1)?
 - c. Quais são os níveis dos fatores (X) que minimizam a distancia ao alvo (Y_2)?
 - d. Em relação aos itens b e c, houve conflito na determinação dos níveis ideais dos fatores?
 - e. Qual é a solução que otimiza simultaneamente Y_1 e Y_2 ?
 - f. Usando a solução do item e, quais são os valores previstos para Y_1 e Y_2 ?
 - g. Usando a solução do item e, novos experimentos foram conduzidos para validar os resultados computacionais do item f?



Outras recomendações



- Monte linha de produção para dividir a tarefa de fabricação das aeronaves
 - Padronizar: ângulo de asa, dobras da asa e corpo, como as aeronaves são recortadas...
- Cuidado na armazenagem das aeronaves
 - Rotule os helicópteros claramente e evite amassar.
- Estabeleça **POP** para executar os experimentos e efetuar as medições.
 - Quem serão os operadores que realizarão as medições? Quem soltará a aeronave? Quem irá gerar o plano de coleta de dados e registrará as medições?
 - Como será o passo a passo para efetuar o lançamento? (como posicionar as asas? como segurar a aeronave? qual é a altura padrão para soltar? Etc.)
 - Como será o passo a passo para realizar as medições? (como sincronizar lançamento com cronômetro? quando iniciar e parar o cronômetro? Em qual ponto da aeronave será usado como referência para medir distância até o alvo?)
 - O que é considerado um teste válido e não válido? (o teste será válido se a aeronave não girar corretamente? Será válido se a aeronave tocar em algum obstáculo? Evitar corrente de ar)

Salve a planilha de dados em intervalos regulares!

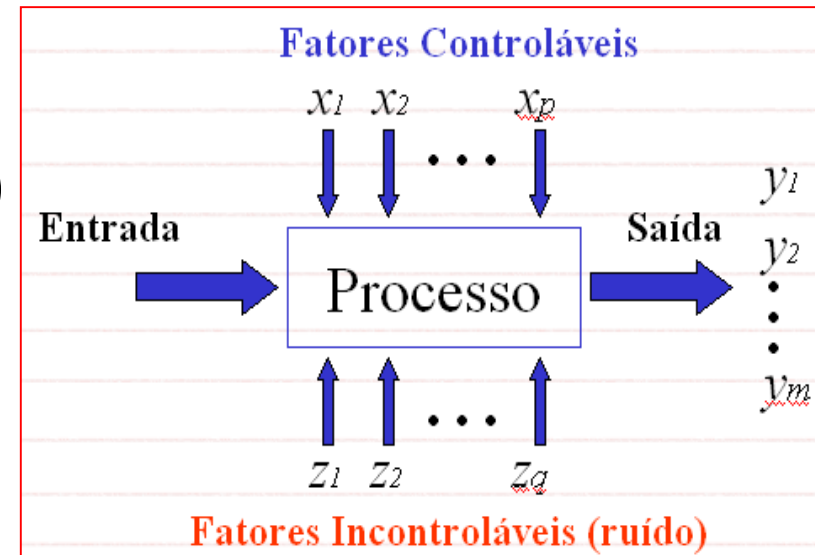


Estrutura do relatório



A estrutura do relatório deverá seguir os passos do procedimento para executar um estudo experimental:

1. Definir o problema
2. Selecionar variáveis de resposta (y)
3. Escolher fatores (x) e seus níveis
4. Escolher o arranjo experimental
5. Executar o experimento
6. Análise estatística dos dados
7. Conclusões e recomendações



Montgomery (2013)