



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**PME3463 - Introdução à Qualidade**

*Prof. Dr. Walter Ponge-Ferreira*

### *L3 - Incerteza de Medição - ISO GUM*

## **1 Exercício**

O seu grupo foi encarregado de desenvolver um processo de fabricação seriada de Helicópteros de Papel (ver figura 1) seguindo as instruções de fabricação que podem ser obtidas com comando vignette("HelicopterInstructions") da biblioteca SixSigma do R.

O objetivo do exercício é estimar a incerteza de medição das medidas da massa, área alar e tempo de voo de um helicóptero de papel.

Cada integrante do grupo deverá selecionar um helicóptero de papel e realizar as medições. O grupo deve usar uma mesma especificação de fabricação dos helicópteros. Cada grupo deverá apresentar os resultados do conjunto de helicópteros produzidos pelos integrantes do grupo para esse trabalho.

As medições das grandezas, o cálculo e a expressão da incerteza de medição deverão seguir as recomendações do *Guia para a Expressão de Incerteza de Medição: ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*.

As medições da massa e tempo de voo são medições diretas, obtidas das indicações dos instrumentos de medição apropriados. A medição da área alar deverá ser feita de maneira indireta, através das medidas de comprimentos.

Pede-se para as três grandezas, i.e., massa, área alar e tempo de voo:

- a) Definir claramente os mensurandos.
- b) Descrever brevemente os instrumentos e o procedimento de medição.

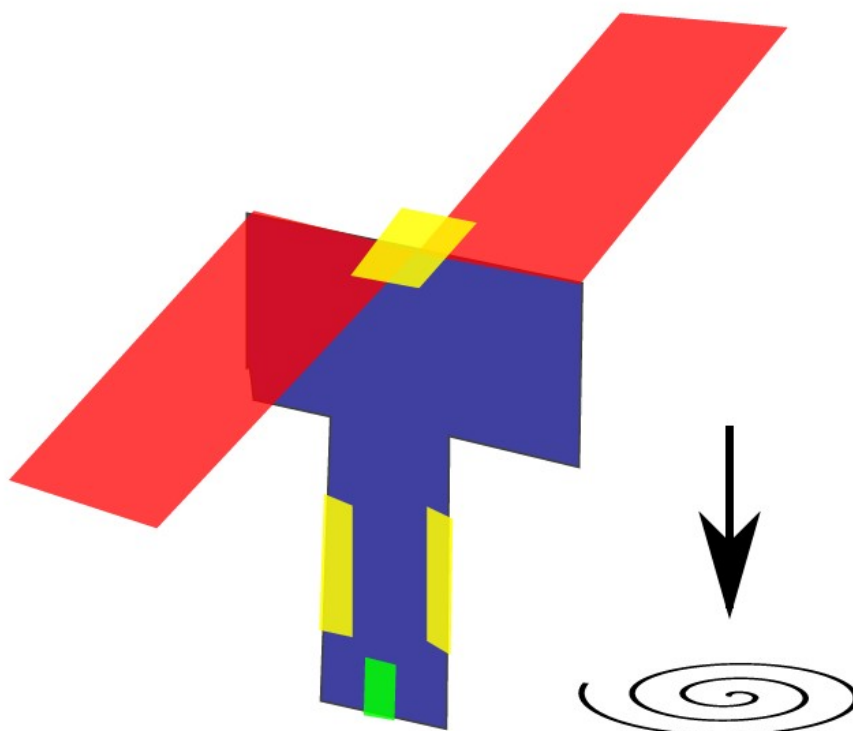


Figura 1: Croqui do Helicóptero de Papel

- c) Fazer o diagrama de Ishikawa com os principais fatores considerados na determinação das incertezas de medição.
- d) Escrever a expressão de propagação de incerteza.
- e) Realizar uma série de medidas de cada grandeza direta. Certifique-se de que o número de repetições de cada medida seja adequado, e.g., com base nas suas medidas anteriores, estime o tamanho adequado da amostra.
- f) Estimar as três grandezas.
- g) Estimar as incertezas de tipo A.
- h) Estimar as incertezas de tipo B.
- i) Determinar os coeficientes de sensibilidade.
- j) Estimar a incerteza combinada.

- k) Estimar o número de graus de liberdade efetivo.
- l) Estimar o coeficiente de abrangência.
- m) Estimar a incerteza combinada expandida.
- n) Expressar as grandezas e suas incertezas de medição segundo recomendação do ISO GUM.
- o) Compare os resultados dos diversos helicópteros produzidos pelo grupo.

Na estimação das incertezas de medição utilizar um nível de confiança de 95%.

Cada grupo deverá elaborar um relatório sucinto com os resultados do estudo. Os nomes dos integrantes do grupo deverão ser relacionados no corpo do relatório, e os relatórios deverão ser identificados, datados e assinados pelos integrantes do grupo. O relatório deverá ser entregue via Moodle da disciplina em um único arquivo em formato pdf com o seguinte nome “L4-GxTy12022.pdf”, onde x e y deverão ser substituídos pelos números do grupo e da turma que elaborou o relatório. e.g., ”L4-G02T01A12022.pdf”.

Relatório em outros formatos, sem identificação correta do nome do arquivo e entregues fora do prazo ou por outros meios, não serão considerados.

#### Referências:

INMETRO. Guia para a Expressão da Incerteza de Medição. 3.ed, INMETRO, Rio de Janeiro, 2003.

Cano,Emilio L. ; Moguerza,Javier M. ; Redchuk, Andrés. Six Sigma with R. (Use R!) Springer, 2012. Edição do Kindle.

George Box. Teaching engineers experimental design with a paper helicopter. Quality Engineering, 4(3):453-459, 1992.