

LAUDO TÉCNICO PARA ATIVIDADES DE AEROLEVANTAMENTO COM USO DE RPAS

(PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO CAMPOS AMARELOS - assinar, imprimir em PDF e encaminhar por email)

A veracidade e correção das informações prestadas é de total responsabilidade do responsável assinante

Valores calculados nas tabelas do item 2, alíneas "q" e "r" considerados dentro dos parâmetros limites:

ACEITÁVEL

NOVA CALIBRAÇÃO DEVERÁ SER EFETUADA CASO HAJA VALORES FORA DOS PARÂMETROS LIMITES ACIMA

(O conteúdo do Laudo descreve as principais características dos sistemas sensores de médio e pequeno formato que devem ser apresentadas pelas empresas interessadas em se inscrever como Entidades Executantes de aerolevanteamento ou, se já inscritas, utilizar esse tipo de sensores, atentando para o disposto no Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais – PEC-PCD e na Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-ADGV)

1. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS SENSORES

(A empresa deve apresentar as características dos principais sistemas sensores integrantes dos RPAS que serão utilizados para os seus projetos de aerolevanteamento. Estes sistemas sensores compreendem a câmera digital integrada a um Sistema de Navegação Global por Satélites – GNSS e Navegação Inercial – INS)

1.1 CARACTERÍSTICAS DA CÂMERA

(A empresa deve apresentar as características da câmera utilizada pelo RPAS, conforme abaixo)

- a) Modelo:
- b) Fabricante:
- c) Número de Série Aeronave:
- d) Tipo de Lentes:
- e) Número de Série Sensor:
- f) Tipo de Sensor:
- g) Dimensão do Sensor em mm:
- h) Número Efetivo de Pixels:
- i) Dimensão do Pixel em mm (no espaço imagem):
- j) Distância Focal Nominal em mm:
- k) Orientação da Imagem e Referenciais Envolvidos, conforme a figura 1 abaixo:

M3E (12.29mm)
SZ DJI TECHNOLOGY CO. LTD.
1581F5FHC242S00D0691
FOV 84° (equivalente a 24 mm), abertura: f/2.8-f/11
1581F5FHC242S00D0691
CMOS de 4/3"
17.3 x 13.0
19.961.856 pixels
0,00336
12,29

mm
mm
mm
mm

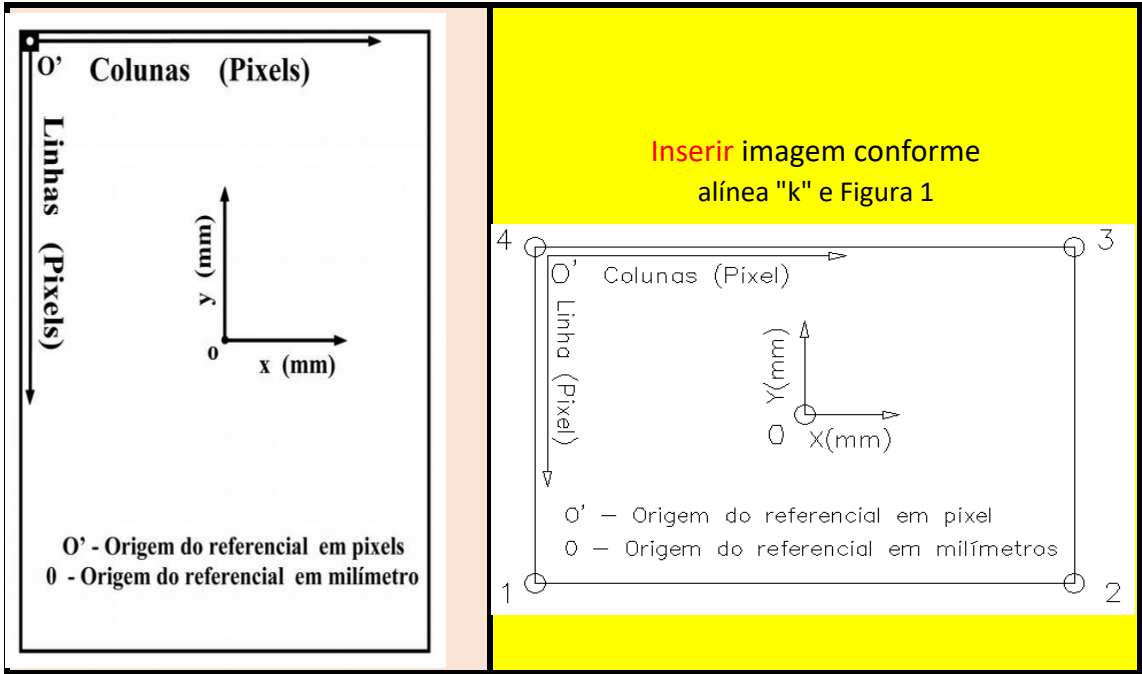


Figura 1: Modelo para Orientação da Imagem e Referenciais Envolvidos

Dimensões da Imagem				
X =	17,3	mm	5280	pixels
Y =	13,0	mm	3956	pixels

Coordenadas dos cantos				
Ponto	Coluna	Linha	X (mm)	Y (mm)
1	0	3956	-8,65	-6,5
2	5280	3956	8,65	-6,5
3	5280	0	8,65	6,5
4	0	0	-8,65	6,5

1.2 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS – GNSS/INS

(A empresa deve apresentar as características do receptor GNSS integrado a uma Unidade de Medição Inercial – IMU e que será utilizado no SARP para aplicações de aerolevanteamento com Georreferenciamento Direto – DG ou Georreferenciamento Integrado de Sensores – ISO)

(Para a aplicação de aerolevanteamento com uso de DG, a empresa deve apresentar os valores dos Deslocamentos Lineares – Lever Arms e Desalinhamentos Angulares – Boresight Misalignment Angles entre a antena do receptor GNSS e o corpo da IMU, conforme Tabela 1)

(Para voos com altitudes inferiores a 150m, é desejável a utilização do método de posicionamento Real Time Kinematic – RTK do receptor GNSS do RPAS, visando a melhoria da exatidão posicional das imagens do DG)

1.2.1 DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS SISTEMAS GNSS/INS

A RPA utiliza sistema GNSS apenas para navegação e não possui Unidade de Medição Inercial - IMU o método de calibração não empregou o Georreferenciamento Direto (DG). Pontos de apoio foram utilizados para a determinação dos parâmetros de orientação interior (POI), do sensor sem nenhuma injeção de posição e orientação nos parâmetros de orientação exterior do sensor no instante das tomadas imagens.

o) Matriz de Correlação entre os POI, apresentada com valores numéricos das correlações entre os POI, conforme a Figura 2:

<i>f</i>	1							
<i>xo</i>	0,04	1						
<i>yo</i>	-0,43	-0,01	1					
<i>K1</i>	-0,19	-0,02	0,090	1				
<i>K2</i>	0,06	0,01	0	-0,93	1			
<i>K3</i>	-0,12	-0,02	0,02	0,86	-0,98	1		
<i>P1</i>	-0,02	-0,47	0,01	0	0,01	-0,01	1	
<i>P2</i>	-0,22	0,02	0,75	0,08	-0,09	0,12	-0,01	1

Figura 2: Matriz Correlação entre POI

p) Gráfico dos Resíduos dos Pontos Fotogramétricos, contendo as tendências dos resíduos das fotocoordenadas dos pontos fotogramétricos, após a calibração da câmera, ao longo de toda a imagem em (mm), conforme Figura 3:

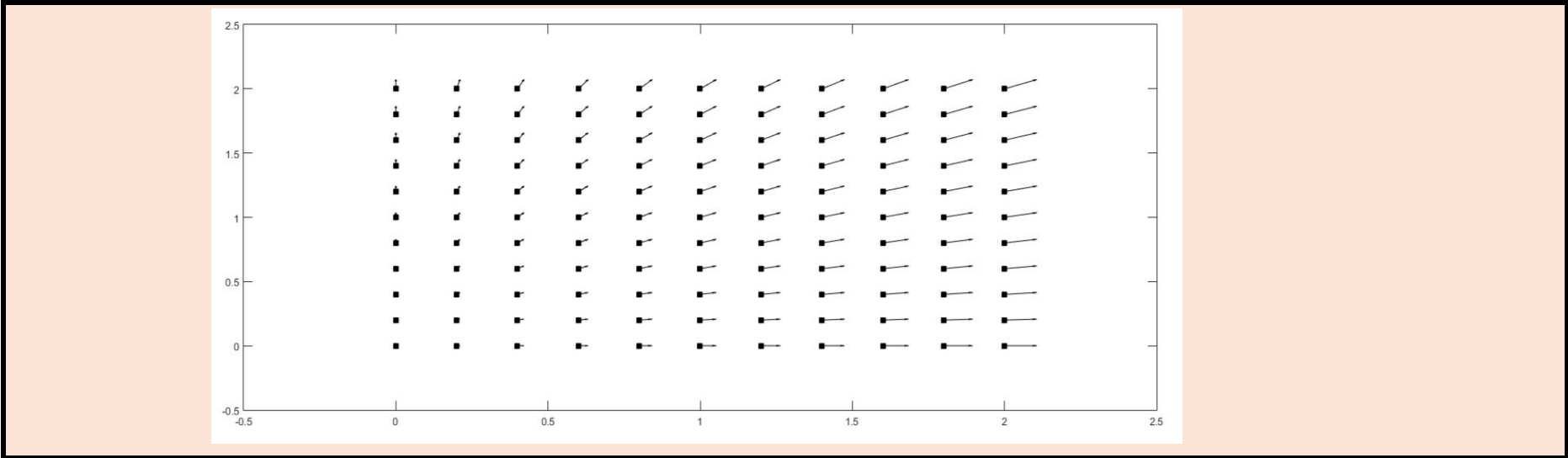
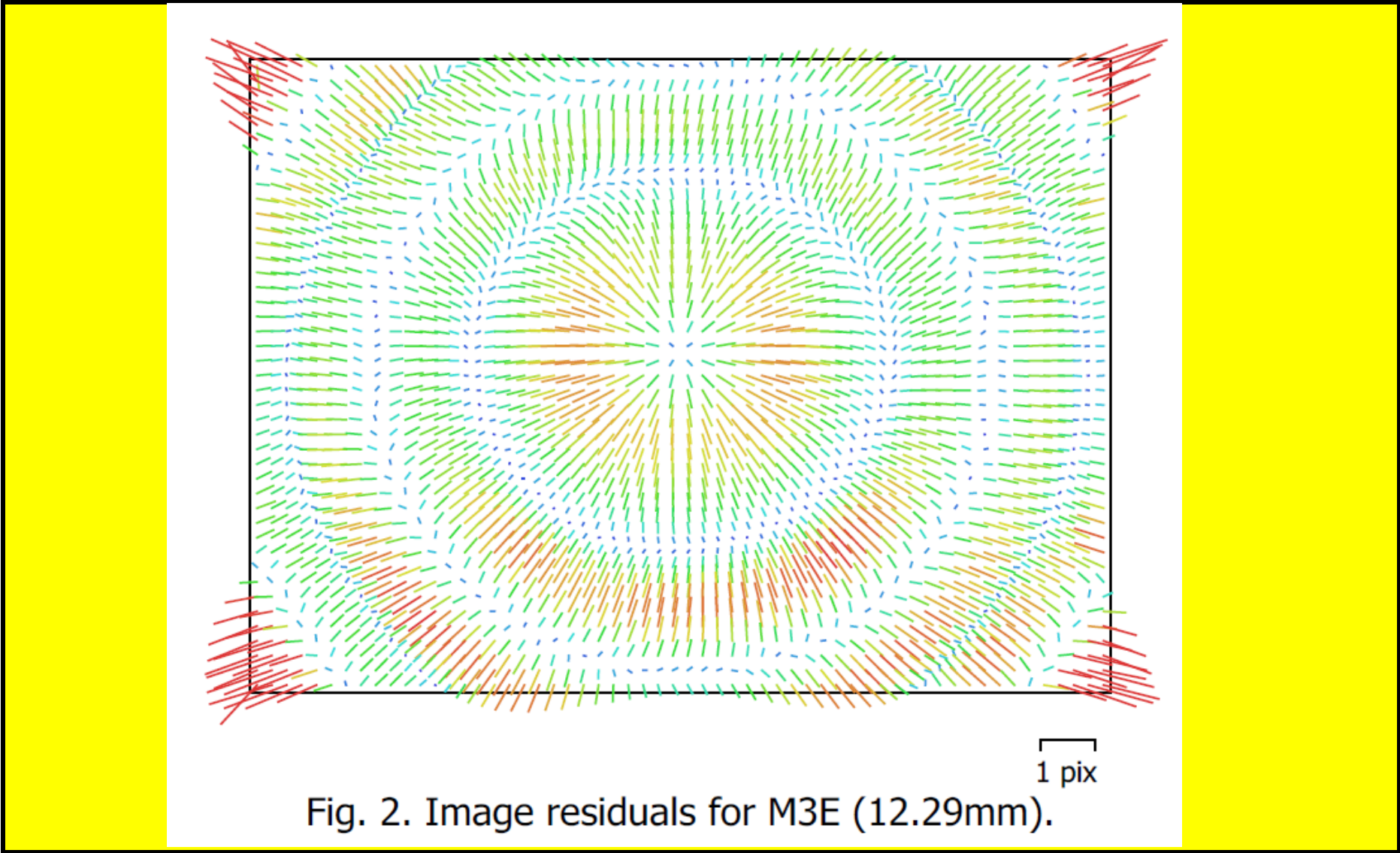


Figura 3: Resíduos das Fotocoordenadas dos Pontos Fotogramétricos utilizados na calibração da câmera.



q) Apresentar a Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (REQM) ou Erro Quadrático Médio (EQM) dos **Resíduos das Fotocoordenadas dos Pontos Fotogramétricos no espaço imagem** (em **mm**, obtidos da alínea “p”), após a calibração da câmera:

Escolher na lista ↓	X (mm)	Y (mm)	Tamanho de 1 (um) pixel (em mm), constante na alínea “i”, item 1.1
EQM	0,0000272	0,0000370	0,00336

Obs.: Para o espaço imagem, a REQM ou EQM dos Resíduos das Fotocoordenadas dos Pontos Fotogramétricos não pode ser superior ao tamanho de 1 (um) pixel (em mm), constante na alínea “i”, item 1.1 (valor retirado do manual da câmera, fabricante, etc.)

r) Dentre os Pontos Fotogramétricos (constantes da alínea “p”), devem existir os Pontos de Verificação ou Check (Pontos que possuem Coordenadas Tridimensionais determinadas por levantamento GNSS – Global Navigation Satellite System), visando a avaliação da exatidão posicional da calibração no espaço objeto. Assim, os Resíduos das coordenadas dos Pontos de Verificação no espaço objeto são obtidos pela diferença entre as Coordenadas calculadas pela calibração e determinadas pelo levantamento GNSS. Do exposto, a empresa deve apresentar a REQM ou EQM dos **Resíduos das coordenadas dos Pontos de Verificação no espaço objeto** (em **cm**), após a calibração da câmera:

	Planimetria (cm)	
Tamanho 1 pixel	3,18	tamanho de 1 (um) pixel em (cm), constante na alínea “f” acima
Escolher na lista ↓ EQM	1,172	REQM ou EQM (cm) dos Resíduos das coordenadas dos Pontos de Verificação planimétricas
Referência	3,180	Em (cm)

Obs. i: Para o espaço objeto, a REQM ou EQM dos Resíduos das coordenadas dos Pontos de Verificação planimétricas não pode ser superior ao tamanho de 1 (um) pixel (em cm), constante na alínea “f” acima (valor GSD calculado, no processo de calibração, de acordo com a escala do voo)

$H =$	120	Altura de Voo (m), obtida da alínea “e” acima
$B =$	33,24	Aerobase (m), obtida da alínea “n” acima
$f =$	12,49	Abertura Focal, ou Distância Focal Calibrada (mm), obtida da alínea “g” acima
$\sigma =$	0,00336	tamanho do pixel no espaço imagem (em mm), obtido da alínea “i”, subitem 1.1, item 1
$dz =$	16,480	exatidão altimétrica esperada (cm), $dz = [(v2 * H^2) / (B * f)] * \sigma * 100$
Escolher na lista ↓ EQM	1,497	REQM ou EQM (cm) dos Resíduos das coordenadas dos Pontos de Verificação altimétricas
Referência	16,480	Em (cm)

Obs. ii: Para o espaço objeto, a REQM ou EQM dos Resíduos das coordenadas dos Pontos de Verificação altimétricas não pode ser superior ao valor de “dz” (exatidão altimétrica esperada em metros)

3. PARÂMETROS DE ORIENTAÇÃO EXTERIOR (POE)

(A empresa deve fornecer a qualidade da posição X, Y, Z e da orientação ω , ϕ , κ dos POE das imagens após a calibração da câmera. Deve ser utilizado o REQM ou EQM e o valor médio das discrepâncias entre os valores originais e calibrados dos POE, conforme apresentado na Tabela 3)

Métricas das discrepâncias	X (m)	Y (m)	Z (m)	$\omega (^{\circ})$	$\phi (^{\circ})$	$\kappa (^{\circ})$
Escolher na lista ↓ EQM	0,0015	0,0015	0,0015	0,0010	0,0010	0,0006
Média	0,0011	0,0012	0,0011	0,0005	0,0005	0,0002

Tabela 3: Consolidado da qualidade da posição e orientação das imagens

4. COMENTÁRIOS GERAIS QUE SE FAÇAM NECESSÁRIOS PELO RESPONSÁVEL NA CONFEÇÃO DO LAUDO:

(O presente modelo de laudo técnico se concentrou na descrição dos principais sistemas sensores que constituem o RPAS. Porém, é desejável que a empresa forneça outras informações técnicas em anexo que julgar necessárias para evidenciar sua capacidade técnica. É recomendável que a empresa apresente sua estratégia para a minimização dos erros sistemáticos oriundos dos sistemas sensores. Além disso, a empresa deve realizar uma avaliação posicional de todos os produtos gerados a partir do imageamento com uso de RPAS)

5. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA:
PADRONIZADA PARA ELABORAÇÃO DO MODELO:

[2]Portaria Normativa nº 101/GM-MD, de 26DEZ18. [3]Manual de Geoinformação (EB20-MC-10.209), 1ª Edição, 2014. [4]Manual of Photogrammetry, 5th Edition, 2004. [5]Norma de Execução INCRA/DF/02, de 19FEV18.
--

EMPRESA:

SHAPE TECNOLIA LTDA
CNPJ: 59.318.434/0001-87

gov.br

Documento assinado digitalmente
ROBERTO LEITE DIAS
Data: 10/07/2025 11:59:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

gov.br

Documento assinado digitalmente
RICARDO LEITE DIAS
Data: 10/07/2025 11:20:56-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

SINOP-MT, 07/07/2025

Local / Data

Identificação do responsável pelo laudo:

Assinatura

ENGENHEIRO: RICARDO LEITE DIAS
CREA-MT: 40538/D