

# Orçamento para Levantamento Aerofotogramétrico PN Ferroviárias

## 1. INTRODUÇÃO

A presente proposta orçamentária visa apresentar uma análise financeira para a execução de projeto de levantamento aerofotogramétrico utilizando Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS, popularmente conhecidos como drones) sobre áreas críticas de cruzamento de linhas férreas (Passagens de Nível - PNs) nas cidades de Cubatão (SP), Juiz de Fora (MG) e Mesquita (RJ).

**A estimativa de passagens de nível (PN) é de 20 unidades.**

Para os produtos estabeleceu-se que o GSD (Ground Sample Distance) seja **de 1 cm, o que estabelece um alto nível de detalhe na imagem (resolução espacial)**. Os produtos a serem entregues são **Ortomosaico e Modelo Digital de Terreno - MDT de cada cruzamento, devidamente georreferenciado.**

Para que os produtos cartográficos sejam utilizáveis em engenharia ferroviária, eles devem cumprir padrões de Acurácia Posicional Absoluta (APA) e Acurácia Vertical Absoluta (AVA).

No Brasil, a avaliação da acurácia posicional deve referenciar a Especificação Técnica para o Controle da Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) ou padrões internacionais, como o da Associação Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (ASPRS).

## 2. DEFINIÇÃO TÉCNICA DO MAPEAMENTO E PARÂMETROS DE AQUISIÇÃO

O sucesso do projeto depende da definição precisa dos parâmetros de voo que garantam a **cobertura de com o GSD (Ground Sample Distance) requerido de 1 cm.**

### 2.1. Implicações da Resolução GSD de 1 cm: Altitude de Voo e Sobreposição entre as faixas de voo

A Ground Sample Distance (GSD) é determinada pela altitude de voo (H) e pelas especificações do sensor da câmera (largura do sensor, largura da imagem e distância focal). Para alcançar uma resolução de 1 cm/pixel, a aeronave deve operar a uma altitude **relativamente baixa.**

Dependendo do modelo específico do sensor (assumindo uma câmera full-frame ou sensor de alta resolução padrão em RPAS profissionais), a altitude de voo (H) deverá situar-se entre **30 a 40 metros acima do Nível do Solo (AGL).**

**DEVE-SE FAZER UM ESTUDO INDIVIDUAL DE CADA ÁREA PARA VERIFICAR POSSÍVEIS OBSTRUÇÕES E ÁREA QUE NÃO PODEM SER VOADAS POR RESTRIÇÕES DA ANAC.**

**AS ÁREAS A SEREM MAPEADAS EM CADA PASSAGEM DE NÍVEL TAMBÉM IMPLICARÃO NO AUMENTO OU DIMINUIÇÃO DE IMAGENS, CONSEQUENTEMENTE DE CUSTO E TRABALHO.**

Essa baixa altitude tem implicações diretas na produtividade e no volume de dados. Para cobrir cada uma das PN (passagem de nível), será necessário um número significativamente alto de imagens. Além disso, a geração de um Modelo Digital de Terreno (MDT) de alta qualidade e precisão exige uma sobreposição (overlap) robusta.

Recomenda-se uma sobreposição frontal de, no mínimo, 85% e uma sobreposição lateral de 75% (quadro 1).

A adoção destes parâmetros técnicos é essencial para quantificar a complexidade da missão e estimar o tempo de aquisição de dados.

Quadro 1: Parâmetros Técnicos de Voo Recomendados (GSD 1 cm)

Parâmetro	Valor Mínimo/Recomendado	Justificativa Técnica
GSD (Resolução Espacial)	1 cm/pixel	Atende o requisito máximo de detalhe da consulta.
Altitude Média de Voo (H)	35 metros <b>(estimada e dependerá de cada localidade)</b>	Altitude necessária para atingir 1 cm GSD com sensores profissionais.
Sobreposição Frontal	85%	Requisito de alta densidade para MDT de precisão e modelagem 3D.
Sobreposição Lateral	75%	Requisito de robustez para fototriangulação e eliminação de gaps.

O número de voos possíveis em um único dia dependerá da área, distâncias entre PN e das baterias disponíveis. Estima-se ser possível realizar de 3 a 4 voos por dia, assumindo condições climáticas ideais e ausência de restrições operacionais imprevistas.

## 2.2 Apoio Terrestre e Acurácia

O levantamento aerofotogramétrico requer um sistema de validação robusto. A acurácia dos produtos finais deve ser checada por meio de Pontos de Checagem (CPs) e, no mínimo, alguns Pontos de Controle Terrestre (GCPs) distribuídos estrategicamente nas áreas.

Assim, além do vôo, existem o tempo para a marcação dos pontos de apoio (pré-sinalizados ou não), rastreamento e posterior processamento dos dados.

A equipe de campo deve ter um topógrafo/técnico GNSS responsável pela implantação de marcos planialtimétricos pré-sinalizados, garantindo coordenadas coletadas com receptores GNSS geodésicos. Estes pontos são utilizados na fase de fototriangulação e, principalmente, no

relatório de qualidade do pós-processamento, para comprovar o atendimento dos requisitos de acurácia de Nível A estabelecidos pela engenharia.

### **3. PLANEJAMENTO OPERACIONAL E LOGÍSTICA DE CAMPO**

O planejamento logístico e operacional deve ser posteriormente detalhado em função da localização das PN.

#### **3.1. Caracterização das Áreas de Interesse**

As áreas de interesse estão localizadas em zonas urbanas adensadas e pontos de conflito de tráfego. Pode ser necessário em algum momento a coordenação com autoridades municipais e a concessionária MRS Logística, que deve autorizar por escrito os levantamentos das PN.

- **Cubatão (SP)**
- **Juiz de Fora (MG)**
- **Mesquita (RJ)**

**EM TODAS AS ÁREAS, A MRS LOGÍSTICA DEVE SER RESPONSÁVEL PELO PLANO DE SEGURANÇA OPERACIONAL (PSO).** Experiências internas têm mostrado que em algumas situações é necessário também uma ação junto às comunidades para viabilizar a execução dos vôos. **VÔO NOTORIAMENTE EM ÁREAS DE RISCO DEVERÃO TER SEGURANÇA GARANTIDA PELA MRS**

#### **3.2. Plano Logístico de Deslocamento e Estadia (Partindo de Curitiba)**

Para o trabalho orçou-se o deslocamento por via terrestre. A base de operação logística é Curitiba (PR). A rota otimizada deve priorizar a eficiência no trânsito entre os três estados, minimizando o tempo de deslocamento total e os custos de pedágios. A sequência mais eficiente é Curitiba (PR) - Cubatão (SP) - Juiz de Fora (MG) - Mesquita (RJ) - Curitiba (PR).

A missão completa está estimada em 15 dias úteis, incluindo 10 dias dedicados à aquisição de campo e 5 dias dedicados ao trânsito, mobilização e desmobilização.

Este tempo pode variar em função das características locais.

A equipe mínima requerida é composta por dois técnicos: um Piloto/Engenheiro RPA Sênior (responsável pela missão, planejamento de voo, e operação do drone) e um Observador de Segurança/Topógrafo GNSS (responsável pela conformidade regulatória em campo, monitoramento de terceiros, e coleta de apoio terrestre).

O transporte deve ser realizado em um veículo de passeio ou utilitário (SUV), dada a necessidade de transportar equipamentos sensíveis (RPAS e receptores GNSS) e fornecer conforto adequado para longas distâncias. O custo médio de locação de um SUV no Brasil é de R\$ 235,00 por dia.

Aluguel: R\$ 3.525,00

### 3.3. Estimativa de Distância e Custos de Deslocamento

A rota abrangendo os três estados a partir de Curitiba envolve distâncias substanciais, resultando em custos logísticos elevados.

Para estimar os custos de deslocamento, utiliza-se a rota otimizada, com uma distância total estimada (ida e volta, incluindo deslocamentos entre as cidades) de aproximadamente 3.500 km. Assumindo um consumo médio de 10 km/L para o veículo utilitário e um custo médio de combustível de R\$ 7,00/L:

Custo Estimado de Combustível: R\$ 2.450,00, assumindo uma margem e avaliando em R\$ 3.000,00

Os custos de pedágios podem ter uma estimativa conservadora para a rota completa (ida e volta) é de R\$ 3.000,00.

### 3.4 Seguro Obrigatório RETA (Responsabilidade Civil)

O Seguro Obrigatório de Responsabilidade Civil do Explorador ou Transportador (RETA) é mandatório para qualquer operação de RPAS com finalidade comercial ou corporativa. Este seguro é projetado para cobrir danos causados a terceiros na superfície. A comprovação de um seguro RETA válido é um pré-requisito tanto para o registro na ANAC quanto para a solicitação de acesso ao espaço aéreo junto ao DECEA.

O Valor deste seguro é de cerca de R\$ 2.000,00

## 4 - PROCESSAMENTO DE DADOS E GERAÇÃO DE PRODUTOS FINAIS

O processamento da nuvem de pontos densa e a subsequente geração do MDT e do Ortomosaico requerem softwares de fotogrametria profissionais. Estes softwares operam sob licenças anuais. O custo do licenciamento profissional, mesmo que amortizado por este projeto, é um componente financeiro significativo. Engloba-se aqui também a amortização dos equipamentos.

Custo Amortização: R\$ 4.000,00

### 4.1. Especificações e Formatos para Entregáveis (Ortomosaico e MDT)

Os produtos finais devem estar rigorosamente georreferenciados para aplicação em sistemas de informação geográfica (SIG).

- **Ortomosaico Digital:** Será entregue como uma imagem única, georreferenciada e retificada (sem distorções topográficas), com GSD de 1 cm/pixel. O formato padrão de entrega deve ser o GeoTIFF, referenciado ao sistema geodésico SIRGAS 2000 no respectivo fuso UTM.
- **Modelo Digital de Terreno (MDT):** Este produto exige a classificação da nuvem de pontos densa para remover elementos acima do solo, como veículos, sinalização, construções, e trens. O MDT deve representar apenas a superfície do terreno natural e a superfície do lastro ferroviário, sendo essencial para cálculos de perfis longitudinais, seções transversais e medição de volumes.

#### **4.2 Protocolos de Controle de Qualidade (QC)**

O Controle de Qualidade (QC) será aplicado. O relatório final do projeto deve incluir o relatório de qualidade gerado pelo software de processamento detalhando a distribuição dos erros médios quadráticos (EMQ) nos Pontos de Checagem (CPs) e comprovando que a acurácia absoluta (APA e AVA) atende aos requisitos de Nível “A” exigidos para a engenharia ferroviária.

#### **5. ORÇAMENTO EXECUTIVO**

A modelagem de custos para o projeto de levantamento aerofotogramétrico reflete a complexidade técnica, o longo deslocamento logístico e os rigorosos requisitos regulatórios.

##### **5.1. Custo Operacional – Mão de Obra Especializada**

A equipe de campo mínima é composta por um Engenheiro/Piloto RPA Sênior e um Técnico de Campo/Topógrafo, necessários para manter a segurança e a precisão em campo.

Engenheiro: R\$ 1.600,00 por dia (hora técnica estimada em R\$ 200,00, menor que a registrada para a categoria)

- Técnico de Campo/Topógrafo: R\$ 800,00 por dia.

O projeto exige 15 dias em campo (aquisição e deslocamento) e 5 dias de processamento e escritório.

- Mão de Obra de Campo: R\$ 36.000,00
- Mão de Obra de Processamento: R\$ 8.000,00

##### **5.2. Custo Logístico Detalhado (Deslocamento Curitiba e Estadia)**

O custo logístico total é calculado para a duração de 10 dias (trânsito e campo).

- **Locação de Veículo:** R\$ 3.525,00
- **Combustível:** R\$ 3.000,00
- **Pedágios:** R\$ 3.000,00
- **Hospedagem e Alimentação:** Assumindo R\$ 400,00 por pessoa por dia (hospedagem e alimentação): R\$ 12.000,00

##### **5.3. Custo Regulatório e de Equipamentos**

- **Seguro RETA:** R\$ 2.000,00

- **Amortização de Software/equipamento : R\$ 4.000,00**

#### **5.4 Sumário do Projeto (Estimativa Base)**

**Custo Total: R\$ 71.525,00**

Preço: Custo \* 0,35 (incluso os valores de taxas se for feito pela Laboratório, necessidade de re-visita e imprevistos) = R\$ 96.558,75

**VALOR FINAL ORÇADO: R\$ 96.558,75**