



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



Verificação expedita da qualidade posicional de ortoimagens geradas a partir de dados RPA de classe 3.

Beatriz Koerich

Ministério Público de Santa Catarina

Centro de Apoio Operacional Técnico
bkoerich@mpsc.mp.br

Renan Jaques Andrade

Ministério Público de Santa Catarina

Centro de Apoio Operacional Técnico
randrade@mpsc.mp.br

Resumo: Na rotina da equipe técnica ambiental do MPSC verifica-se a necessidade de atualização cartográfica do aerolevanteamento da SDS/SC, o que é feito por meio de drones da classe 3. Contudo, algumas dificuldades em campo podem resultar em dúvidas sobre os dados produzidos. Em três cenários distintos são avaliados os deslocamentos e os erros toleráveis de aerolevanteamentos, com o objetivo de evidenciar a importância da confiabilidade dos produtos nas aplicações práticas. Para estudo de caso desse relato foram utilizados os dados advindos de uma vistoria realizada pelo Ministério Público de Santa Catarina no município de Içara. Como resultado, verificou-se que os cenários com pontos de controle resultaram num deslocamento e erro tolerável menor, justificando o uso dessas ferramentas. Contudo percebeu-se pouca variação em relação aos dados oficiais do estado. Por fim, destaca-se a importância do levantamento oficial do estado como base de excelência para as atividades práticas e otimização dos recursos públicos.

Área de intervenção: Meio Ambiente

1. INTRODUÇÃO

Este relato técnico visa apresentar uma verificação expedita do deslocamento posicional e do erro gráfico de levantamentos fotogramétricos com RPA da classe 3, em três cenários distintos, utilizando produtos cartográficos gerados pelo Ministério Público de Santa Catarina (MPSC) com e sem pontos de controle, bem como os dados oriundos do aerolevanteamento da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do estado de Santa Catarina (SDS/SC). A análise envolve a comparação dos



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



ortomosaicos gerados com os dados oficiais SDS, objetivando determinar a viabilidade prática do uso de ortomosaicos elaborados a partir de dados de RPA.

Os produtos cartográficos oriundos de aerolevantamentos fotogramétricos são fundamentais como base e substrato para novas análises devido à sua capacidade de fornecer informações detalhadas e precisas sobre a superfície investigada. Eles permitem a criação de mapas topográficos, modelos digitais de elevação e ortofotos que são essenciais para diversas aplicações, como planejamento urbano e gestão ambiental. Além disso, ao serem integrados aos sistemas de informações geográficas (SIG) utilizados pelo MPSC, esses produtos permitem realizar análises espaciais avançadas, monitoramento de mudanças ao longo do tempo e simulações, além de estimar a quantificação dos fenômenos investigados e a identificação dos responsáveis por danos ambientais.

Produtos cartográficos oficiais de excelência, como o aerolevantamento realizado pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina são fundamentais no dia a dia dos órgãos públicos, diminuindo os custos de visitas em campo e equipamentos, otimizando o tempo dos servidores e propiciando o fornecimento de dados bases para as mais diversas análises.

Por vezes os cenários das vistorias carecem de recursos públicos, como por exemplo, poucos servidores qualificados para demandas específicas, equipamentos defasados e falta de material para campo. Nesse sentido, os dados da SDS servem de parâmetro para o resultado obtido nos novos aerolevantamentos realizados e dão confiança no produto gerado. Ao longo desse trabalho serão apresentados dados comparativos que demonstram a importância dos dados da SDS.

2. CORPO DO TRABALHO

O trabalho pode ser dividido em duas etapas: a parte de campo e processamento dos dados e a parte dos cálculos dos deslocamentos e do erro gráfico



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



de cada produto. A seguir serão apresentadas as metodologias utilizadas para elaboração deste relato.

2.1. Etapa de campo e processamento dos dados

Antes da vistoria, é gerado um arquivo KML na plataforma Google Earth, criando um polígono da área de interesse, utilizado no software de voo para planejar as rotas da aeronave remotamente pilotada (RPA) e cobrir toda a área. Procura-se centralizar as feições-alvo do voo, visando minimizar as distorções na borda do ortomosaico, comuns nesses tipos de produtos fotogramétricos.

Contando com recursos humanos insuficientes, tempo escasso, os locais dos pontos de controle foram planejados em escritório e confirmados em campo durante a vistoria ambiental. Conseqüentemente, os pontos ficaram espaçados de forma não ideal. Cabe salientar, que por inúmeros motivos e falta de recursos, o campo com que o profissional tem de lidar frequentemente diverge das situações ideais. Dessa forma, os 5 pontos de controle/apoio topográfico foram distribuídos da seguinte maneira:



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



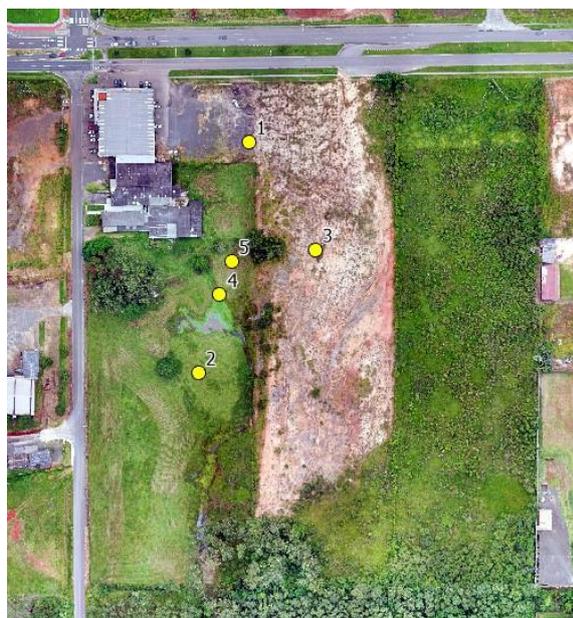
Realização



Apoio



Figura 1: Distribuição dos pontos de controle utilizados no aerolevanteamento realizado pelo MPSC.



Fonte: Autoria própria (2024).

Para a coleta dos pontos de apoio topográfico foi utilizado um par de receptores GNSS de alta precisão, do tipo geodésico, da fabricante TRIMBLE modelo R6-2, utilizando a técnica de posicionamento relativo, apoiado pela RBMC. Com os pontos de controle identificados no campo, foram adotados os procedimentos para o aerolevanteamento, tendo a devida autorização da ANAC¹ exigida para o voo de RPAs, foram verificadas condições mecânicas da aeronave e do tempo. O voo foi realizado utilizando um RPA da marca DJI modelo MAVIC II PRO numa área de, aproximadamente, 19 hectares.

Após a realização do voo, já em ambiente de escritório, iniciou-se a etapa de verificação das imagens, assim como seu nível de sobreposição para garantir a

1

Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



qualidade dos produtos. Foram obtidas 220 imagens verticais, calibradas pelo software Pix4D Mapper e prontas para o processamento.

O mesmo voo foi processado duas vezes. O primeiro cenário foi executado sem a utilização dos pontos de controle de solo. Já o segundo cenário de processamento foi executado utilizando os 5 pontos de apoio topográfico. Dessa forma, com as mesmas imagens, esperavam-se dois ortomosaicos com coordenadas diferentes nos mesmos pontos da imagem.

Os mosaicos resultantes dos dois processamentos foram comparados com o produto gerado pelo aerolevanteamento da SDS². Para comparar esses dados foi necessário coletar em ambiente SIG³ as coordenadas de pontos homólogos nas imagens, ou seja, feições pré-existentes na época do aerolevanteamento da SDS que aparecem também no mosaico gerado pelo MPSC, com o objetivo de comparar o deslocamento entre os mesmos pontos.

Figura 2: Pontos Homólogos para conferência



² Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável Do Estado de Santa Catarina. Levantamento Aerofotogramétrico Do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: ENGEMAP, 2013.

³ Sistema de Informação Geográfica



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



Fonte: Autoria própria (2024).

2.2. Cálculo das distâncias

Este relato técnico tem como objetivo avaliar o deslocamento posicional de levantamentos fotogramétricos em três cenários distintos. Para isso foram utilizados três produtos:

- Aerolevantamento com RPA com pontos de controle (apoio topográfico), elaborado pelo MPSC;
- Aerolevantamento com RPA sem pontos de controle (utilizando posicionamento autônomo da aeronave), elaborado pelo MPSC;
- Aerolevantamento realizado pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável Do Estado de Santa Catarina (SDS/SC).

Os cenários de análises são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 1- Relação dos cenários analisados.

Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Voo com apoio topográfico	Voo com apoio topográfico	Voo sem apoio topográfico
X	X	X
Ortofotos SDS/SC	Voo sem apoio topográfico	Ortofotos SDS/SC

Fonte: Elaboração própria (2024).

Para comparar os produtos entre si, criando os cenários avaliativos, foi utilizado o método da distância euclidiana, determinando o deslocamento posicional dos mesmos pontos na superfície terrestre, que possuem coordenadas diferentes em cada cenário. A distância euclidiana é a distância entre dois pontos, que pode ser provada pela aplicação repetida do teorema de Pitágoras. Aplicando essa fórmula como distância, o espaço euclidiano torna-se um espaço métrico, possível de fazer comparações. Para encontrar a distância entre dois pontos usa-se a seguinte fórmula:



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



$$d_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$

Para calcular o deslocamento foram utilizadas as coordenadas UTM dos pontos, por se tratar da localização de área investigada pelo MPSC decidiu-se preservar essas informações, sendo assim, as coordenadas não serão apresentadas neste trabalho. Após aplicar a fórmula da distância euclidiana nas coordenadas dos 5 pontos entre os 3 cenários, adotou-se a média dos valores de deslocamento encontrados como parâmetro para ser aplicado na fórmula do erro tolerável e identificar qual escala o produto pode ser representado.

De acordo com Loch e Cordini (1995) existe uma limitação gráfica de 0,2 mm, por convenção esse é o tamanho da menor feição que o olho humano enxerga. Fixado esse limite prático, pode-se determinar a maior escala possível que respeite os valores de erro tolerável. O erro tolerável pode ser determinado pela seguinte forma:

$$e = 0,0002m \times N$$

Em que:

e= erro tolerável em metros

N= denominador da escala

Logo, para definir a escala vai depender da menor feição no terreno que se deseja representar: o erro tolerável nesse caso é a média dos deslocamentos. Sabendo o valor do erro tolerável, pode-se encontrar o valor do denominador da maior escala possível de representação.



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



3. RESULTADOS E BENEFÍCIOS

Com a comparação dos dados foi possível obter os deslocamentos de cada ponto entre os cenários, definindo a partir dessa informação: a média de deslocamento, o erro tolerável e a maior escala representante. A seguir são apresentados os resultados obtidos dos cálculos acima descritos:

Tabela 2- Resultado dos cenários analisados.

Cenário	Deslocamento Médio (m)	Erro tolerável (m)	Erro tolerável (mm)	Maior escala
1 - Voo com apoio X Ortofotos SDS/SC	0,42	0,000242	0,24	1:1.100
2 - Voo com apoio X Voo sem apoio	2,18	0,000496	0,50	1:2.200
3 - Voo sem apoio X Ortofotos SDS/SC	2,00	0,000400	0,40	1:2.500

Fonte: Elaboração própria (2024).

Como resultado é possível identificar que o cenário 1, cujo dois aerolevantamentos possuem pontos de controle, obteve o melhor desempenho. O mesmo ponto da superfície terrestre ficou muito próximo nos dois produtos, atribui-se esse comportamento ao uso dos pontos de controle, por isso possuem um erro tolerável menor e possível de ser representado numa escala com mais detalhes, consequentemente, com maior precisão.

O cenário 2 compara os dois ortomosaicos elaborados pelo MPSC, com e sem pontos de controle. Houve um deslocamento significativo entre o mesmo ponto na superfície terrestre nos dois produtos analisados. Isso pode ser explicado pela classe do GPS do drone, que não permite aplicar a correção diferencial das observações.



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



O cenário 3 compara o ortomosaico elaborado pelo MPSC sem os pontos de controle com os dados da SDS e teve um resultado muito parecido com o cenário 2, muito provavelmente, pelo mesmo motivo.

Entende-se que os resultados obtidos no Cenário 1 foram positivos, visto que o deslocamento do dado gerado pelo MPSC foi baixo quando as imagens foram comparadas aos ortofotomosaicos que a SDS fornece. Contudo, este estudo não deve ser considerado como definitivo, já que, em razão dos recursos disponíveis, utilizou-se baixa quantidade de pontos de controle, irregularmente distribuídos na área de estudo.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no Cenário 1 sugerem que é viável a utilização de RPA da classe 3, associada à geodésia espacial, para atualização cartográfica e mapeamento expedito de pequenas áreas, em escalas próximas a 1:1.000, desde que associadas às atividades de pesquisa *in loco* executadas pela equipe de analistas ambientais.

Acredita-se que as diferenças entre os cenários 2 e 3 poderiam ser mais significativas caso houvesse mais pontos de controle, bem como com o uso de pontos de checagem e uma melhor disposição dos pontos no campo. Dessa forma, sugerem-se melhorias na etapa de planejamento da atividade de campo, sempre que possível definindo previamente os lugares acessíveis para implantação dos pontos de controle e de checagem, bem como uma análise do total da área a ser mapeada e definir o número de pontos necessários.

Sabe-se que os pontos de controle são importantes no ajustamento do ortomosaico, dando maior confiabilidade ao dado base usado em inúmeras análises. Entretanto, mesmo quando a realidade do campo é prejudicada por falta de tempo ou de recursos humanos, existem alternativas que podem amenizar esses problemas,



1º ENCONTRO CATARINENSE DE CARTOGRAFIA

09 Agosto 2024
Florianópolis - SC

Organização



Realização



Apoio



por exemplo sobrevoando feições já materializadas, como faixas de pedestre, tampas de bueiros e meios-fios, que também podem ser utilizadas como pontos de controle.

Por fim, é importante ressaltar que o Aerolevante da SDS/SC viabiliza a atuação prática do MPSC, pois supre com excelência parte das necessidades do Órgão, chegando a dispensar a necessidade de atividades de campo em situações como, por exemplo: definição e medição de áreas compensatórias, definir área de preservação permanente, cálculo de áreas de supressão de vegetação, cálculos altimétricos e de declividades, etc. Contudo, há que se lembrar que o voo foi encerrado há mais de 10 anos, sendo frequente a necessidade de se obterem dados mais recentes, abrindo a oportunidade para a aplicação de dados RPA para atualização cartográfica de pequenas áreas, ainda que de forma expedita.

REFERÊNCIAS

DUARTE, P. A. **Cartografia Temática**. Florianópolis: UFSC, 1991.

Fitz, Paulo Roberto. **Georprocessamento sem complicação** / São Paulo : Oficina de Textos, 2008.

IBGE. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos**. Rio de Janeiro, 1996.

JOLY, F. **A Cartografia**. Campinas: Papyrus, 1990

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia Contemporânea**. Florianópolis, Editora da UFSC, 1995.

Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável Do Estado de Santa Catarina. **Levantamento Aerofotogramétrico Do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: ENGEMAP, 2013