

**ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE  
POSICIONAL MAPEAMENTO URBANO COM VANT**  
*Comparative Analysis of Positional Quality Urban Mapping with  
UAV*

**Bruno Henrique de Toledo**

**Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO**

Departamento de Geografia

Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, CEDETEG, CEP: 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil  
brunhct@hotmail.com

**Máicon Altir Canal**

**CTMGEO - Soluções em Geotecnologias Ltda.**

Rua Osvaldo Cruz, 2515; CEP 85810-150; Cascavel Paraná.  
maiconcanal@gmail.com

**Tcharla K. Jacob**

**Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO**

Departamento de Geografia

Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, CEDETEG, CEP: 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil  
tcharlaj@gmail.com

**Murilo Pontarolo**

**Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO**

Departamento de Geografia

Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, CEDETEG, CEP: 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil  
pontarolomurilo@gmail.com

**Marcos A. Pelegrina**

**Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO**

Departamento de Geografia

Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, CEDETEG, CEP: 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil  
[marcospelegrina@gmail.com](mailto:marcospelegrina@gmail.com)

**Resumo:**

Impulsionado pela evolução tecnológica, o processo de mapeamentos e aquisição de dados geográficos passou por um processo evolutivo nos últimos anos, proporcionando novos meios para a aquisição, gestão, exploração e disseminação de conteúdos geográficos, promovendo grandes alterações no modo de atuação nesta área. Nesse contexto há a crescente utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), atualmente eles são encontrados com grande variedade em suas especificações, características e configurações. No Brasil os VANTs têm permitido a obtenção de dados para estudos e pesquisas em diferentes áreas, esses equipamentos se tornaram mais acessíveis trazendo maior viabilidade econômica, esse fato se deve à sua versatilidade de utilização em diversas áreas bem como à redução dos custos com a coleta e o processamento das informações geográficas, fornecendo variados produtos e tornando o processo mais rápido e preciso. Entretanto, para que se alcance uma adequada integração entre as informações coletadas, é necessário que a qualidade dos dados geográficos obtidos

seja levada em consideração, seguindo as normas estabelecidas pela legislação norteadora dos Padrões de Exatidão Cartográfica. Deste modo, baseado nos padrões estabelecidos pelo Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC-PCD, este trabalho buscou avaliar a qualidade posicional dos produtos cartográficos produzidos a partir do levantamento aerofotogramétrico, realizado por VANT no Município de Marmeleiro-PR, onde o mapeamento foi realizado no perímetro urbano devido ao processo de atualização cadastral do município.

**Palavras-chave:** Fotogrametria; PEC-PCD; VANT; Qualidade Posicional.

### **Abstract:**

Driven by technological developments, the process of mapping and geographic data acquisition went through an evolutionary process in recent years, providing new ways for the acquisition, management, exploitation and dissemination of geographic content, promoting major changes in mode of action in this area. In this context there is the increasing use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV), currently they are found with great variety in their specifications, characteristics and settings. In Brazil the UAVS have permitted to obtain data for studies and research in different areas, such equipment became more accessible by bringing greater economic viability, this fact must be to its versatility of use in several areas as well as the reduction of costs with the collection and processing of geographical information, providing various products and making the process faster and more accurate. However, to achieve an adequate integration between the collected information, it is necessary that the quality of spatial data obtained will be taken into account, following the rules laid down by the legislation guiding the patterns of cartographic accuracy. In this way, based on standards established by the pattern of cartographic Accuracy - PEC-PCD, this study aimed to evaluate the quality of the positional cartographic products produced from the aerofotogramétrico survey, conducted by VANT in the municipality of quince-PR, where the mapping was performed in the urban perimeter due to the process of updating the cadastral municipality.

**Keywords:** Photogrammetry; PEC-PCD; UAV; Positional Quality.

## **1. INTRODUÇÃO**

A crescente evolução tecnológica nos últimos anos, proporcionou a evolução de novos meios para a aquisição, gestão, exploração e disseminação de conteúdos geográficos, promovendo grandes alterações no modo de atuação nessa área. Do ponto de vista geotecnológico devido o processo evolutivo dos mapeamentos e aquisição de dados geográficos, há a crescente utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) resultado da evolução e desenvolvimento de diversos sensores e plataformas.

As Aeronaves Remotamente Pilotadas, também conhecidas como Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT), UAV em inglês (Unmanned aerial vehicle) ou, popularmente, “Drones” no Brasil, têm permitido a obtenção de dados para estudos e pesquisas em diferentes áreas (HARDIN; JENSEN, 2011). RPA é termo adotado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2015) para designar os VANTs e resulta da junção das iniciais do termo Remotely Piloted aircraft – RPA. (EVERAERTS, 2008).

Com o objetivo de nortear a legislação pertinente ao uso dessas tecnologias a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) estabeleceram algumas normas e regulamentações, a fim de deter certo controle sobre essa atividade uma vez que a mesma torna o espaço aéreo compartilhado bem como define restrições e permissões, porém estas não muito específicas, quanto aos diversos modelos de equipamentos existentes.

Atualmente esses equipamentos são encontrados com grande variedade em suas especificações e características, tanto no que diz respeito ao seu tamanho, peso, etc., como em suas configurações, bem como com relação ao valor que os mesmos são oferecidos no mercado, os quais vêm representando nos últimos anos maior viabilidade econômica já que se tornaram mais acessíveis e sua utilização em diversas áreas vem aumentando.

Dos produtos que podem ser obtidos com o uso de VANTs, três se destacam no campo geoespacial: o ortomosaico, o modelo digital do terreno (MDT) e o modelo digital de elevação (MDE). O ortomosaico corresponde ao mosaico das ortofotos, o MDT pode ser considerado como uma representação matemática da distribuição espacial da característica de um fenômeno vinculada a uma superfície real. Ele é usado no processo de ortorretificação com o objetivo de determinar a posição de determinado objeto em relação ao terreno e dessa forma corrigir as distorções decorrentes da variação do mesmo, e o MDE, a imagem na qual cada pixel apresenta um valor relativo à altitude da superfície modelada (SOPCHAKI, 2016). Estes materiais servem de base para obtenção de medidas planimétricas e altimétricas que subsidiam as análises geoespaciais.

Com o surgimento dessas tecnologias houve uma considerável redução dos custos com a coleta e o processamento das informações geográficas. Entretanto, para que se alcance uma adequada integração entre as informações coletadas é necessário que a qualidade dos dados geográficos obtidos seja levada em consideração.

Dessa forma, esse trabalho buscou, com base nos padrões estabelecidos pelo Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC-PCD, avaliar a qualidade posicional dos produtos cartográficos produzidos a partir do levantamento aerofotogramétrico, realizado por VANT.

O levantamento aerofotogramétrico foi realizado no Município de Marmeleiro-PR, região sudoeste do Paraná, onde o mapeamento foi realizado no perímetro urbano, devido ao processo de atualização cadastral do referido município.

Com base nos padrões estabelecidos pelo Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC-PCD objetivou-se, portanto, avaliar a qualidade posicional dos produtos cartográficos produzidos a partir do levantamento por VANT em um município de pequeno porte no estado do Paraná.

## **2. PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA**

No Brasil tem-se considerado o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC Decreto lei n.º 89.817. Publicado no Diário Oficial da União em 1984, tal decreto estabelece as Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional através de procedimentos e padrões

a serem obedecidos na elaboração e apresentação de documentos cartográficos. Um dos procedimentos a serem seguidos, descrito em seu Art 8º, é com relação à classificação das cartas no que diz respeito à sua exatidão, a qual deve obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfico – PEC, conforme indicado abaixo:

- 1. Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico - estabelecido.*
- 2. Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas-de-nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico - estabelecido. (BRASIL, 1984).*

Em seus § 1º e 2º cita o Padrão de Exatidão Cartográfica como um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos, onde a probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão -  $PEC = 1,6449 * EP$ .

Dessa forma, segundo o § 3º e 4º- O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica. E para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.

Quanto à exatidão, as cartas são classificadas em A, B e C (Quadro 1), utilizando critérios como equidistância e escala, tanto planimétricos quanto altimétricos.

<b>Carta</b>	<b>PEC Planimétrico</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>PEC Altimétrico</b>	<b>Erro padrão</b>
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância	1/3 da equidistância
Classe B	0,8mm X Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância	2/5 da equidistância
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância	1/2 da equidistância

Quadro 1 – Classes PEC

Fonte: Decreto Nº 89.817 de 20 de junho de 1984

Com base nos padrões norteados pelo PEC, o artigo 10º estabelece a obrigatoriedade da indicação da classe no rodapé da folha, ficando sob responsabilidade do produtor a fidelidade da classificação.

## 2.1. Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais

Com o avanço dos métodos de produção cartográfica houve a necessidade de uma revisão dos padrões estabelecidos no Decreto nº 89.817. Concomitantemente a ET-ADGV (Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais), definiu um novo Padrão de Exatidão Cartográfica com o objetivo de regular e atender a aquisição dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD).

O PEC-PCD, veio para atualizar o cálculo previsto na legislação citada acima. Baseia-se nas estatísticas de 90% dos pontos coletados no produto cartográfico em relação às coordenadas dos pontos homólogos coletados na fonte de maior precisão, outro produto cartográfico ou coordenadas coletadas em campo. Para que sejam enquadrados nas classes do PEC-PCD, (Quadro 2), as discrepâncias entre as coordenadas dos pontos homólogos devem resultar em valores iguais ou inferiores de erro máximo (EM) e de erro padrão (EP) previstos para cada produto.

PEC	PEC-PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A <sup>2</sup>	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85
A	B <sup>1</sup>	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50

Quadro 2: Padrão de Exatidão Cartográfica para um produto geoespacial baseado no erro máximo admissível (EM) e no erro-padrão (EP) para a planimetria.

Fonte: ET-ADGV-Defesa F Ter 1ª Parte 2ª Edição 2016 (Versão 1.1 – março 2016).

O cálculo para mensurar a acurácia posicional é feito por meio do conjunto de pontos de controle e representa a estimativa de erro de posicionamento planimétrico e/ou altimétrico do respectivo grupo de dados.

Segundo o Decreto 89817/84, já citado anteriormente, o PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade e correspondente a 1,6449 vezes o valor do erro padrão (EP).

$$PEC = 1,6449 * EP \quad (1)$$

O mesmo coloca o EP como sinônimo dos termos: Desvio Padrão (DP) e Erro Médio Quadrático (EMQ). O EMQ ou EQM (Erro Quadrático Médio) resulta na média dos quadrados dos erros encontrados entre os valores analisados e os de referência. Ficando a raiz quadrada do EMQ, o valor com utilização mais frequente pelas normas internacionais para definir a acurácia posicional.

Dentro da DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército), a ET-ADGV é a norma que exhibe os valores para o PEC-PCD e para o EP e, ainda de acordo com a norma, seus valores de referência vão de acordo com as especificações do Decreto 89817/84 (BRASIL, 1984).

Através da afinidade entre os valores de EP e as escalas expostas pela ET-ADGV podemos calcular a acurácia necessária para a obtenção dos dados geoespaciais para demais escalas a partir da equação:

$$EP = 0,00017013 * DE - 0,0014 \quad (2)$$

Nessa equação, DE é o denominador da escala pretendida e a unidade que resultar é o metro. Assim, a produção de uma base na escala 1:10000 necessita que a base de dados possua um Erro Padrão final inferior a 1,7m.  $EP = (0,00017013 * 10000) - 0,0014$  (SAMPAIO; BRANDALIZE, 2018. p. 85).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Global Navigation Satellite Systems (GNSS)

Os GNSS são sistemas baseados em sistemas de posicionamento, sendo que estes equipamentos possuem a capacidade de rastrear dados de localização do Sistema GPS (*Global Navigation System*) e GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*).

Segundo SEEBER, 2003, o GNSS, também é composto por sistemas chamados SBAS (*Satellite Based Augmentation System*), tais como: o WAAS (*Wide Area Augmentation System*) nos Estados Unidos, o EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) na Europa, o MSAS (*Multifunctional Satellite Augmentation System*) no Japão, o GAGAN (*GPS Aided GEO Augmented Navigation*) na Índia, além de outras iniciativas similares. Assim, além de alta acurácia, o GNSS pode proporcionar integridade e disponibilidade do sistema.

Na realização desse trabalho foi utilizado um receptor GNSS para a obtenção de coordenadas *in loco*, com o intuito de se obter dados de posicionamento na coleta de pontos de apoio e de verificação da acuracidade do mapeamento por meio da PEC-PCD.

O equipamento utilizado foi o *PREXISO*, Modelo G5, com 120 canais (GPS/GLONASS/GALILEO), com captação de sinal L1/L2 e L2C, além de implementado com módulo RTK (Real Time Kinematic).

A precisão nominal (Quadro 3) desse tipo de receptor na coleta de coordenadas espaciais é fundamental no processo de avaliação do PEC, pois é relativamente baixa e capaz de determinar os pontos com alta precisão e acuracidade.

Levantamento	Precisão
Horizontal em estático	5 mm + - 0.5 ppm
Vertical em estático	10 mm + - 0.5 ppm
Horizontal em Cinemático	10 mm + - 1 ppm
Vertical em Cinemático	20 mm + - 1 ppm

Quadro 3: Características de precisão do receptor Prexiso G5  
Fonte: Manual Prexiso G4/G5, 2015

Durante os campos, foram utilizados métodos de obtenção de coordenadas estáticos e também por meio de RTK (Real Time Kinematic).

### 3.1.2. Veículo aéreo não tripulado (VANT)

Para a obtenção de imagens da área de estudo, foi utilizado um VANT, marca DJI, modelo *Phanton 4 Advanced*, com câmera com sensor CMOS de 20mp, tempo máximo de voo de 30 minutos, alcance de voo de 3,5 km e altitude máxima de voo de 120 metros.

### 3.2. Aplicativo de processamento de dados: Agisoft Photoscan

O software Agisoft Photoscan foi desenvolvido pela empresa russa AgiSoft LLC, com o objetivo de criar conteúdos tridimensionais tomando por base imagens estáticas. Esse programa representa uma solução avançada de modelagem 3D e, dentre outros, permite gerar ortofotos georreferenciadas de alta resolução. Ele possui uma interface simples permitindo que pessoas com pouca experiência consigam realizar seus trabalhos bem como, tem muito a oferecer à profissionais, o mesmo permite a geração de nuvem de pontos, modelos poligonais e outras representações, como DEM, MDS e Ortofotos.

### 3.3. Métodos

O fluxograma abaixo demonstra todas as fases para produção da ortofoto e sua avaliação posicional.

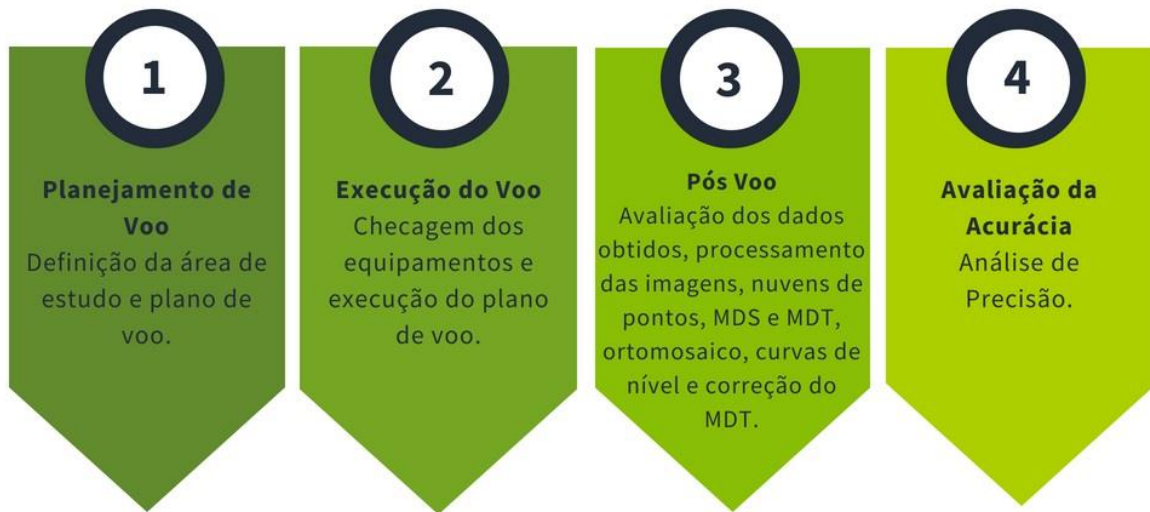


Figura 1: Fluxograma dos procedimentos metodológicos para aquisição, processamento e avaliação dos dados obtidos pelo VANT

Fonte: adaptado de Silva et al., (2015b)

Após a escolha dos equipamentos, foi elaborado o planejamento de voo. O planejamento foi realizado previamente com o auxílio do software *DroneDeploy*. Inclui-se em tal procedimento três etapas, sendo primeiramente o desenho do polígono que recobre a área de interesse, definição da sobreposição lateral e longitudinal do voo e da altura, a qual irá influenciar na resolução espacial final dos produtos.

Com o plano de voo estabelecido foi sobrevoada a área delimitada. Em seguida foram determinados os pontos de apoio (Figura 2). O Processamento das Imagens foi realizado com o auxílio do Agisoft Photoscan, programa específico para a manipulação deste tipo de dado.

A obtenção dos produtos básicos como por exemplo a nuvem de pontos, o MDS e a Ortofoto bem como a análise dos dados foram realizados em laboratório.

### 3.4. Execução do Levantamento por GNSS

Dentro dos processos utilizados para a realização do estudo, a execução do levantamento de campo para a obtenção dos pontos de apoio e verificação foi realizado por meio da utilização de um receptor GNSS. Para essa etapa, foram levantados 50 pontos de apoio (Figura 2) os quais serviram de base para o processamento da ortofoto, destes, 16 pontos foram coletados pelo método pós-processado (processo que a determinação das coordenadas se dá após o levantamento, realizado em um software específico). Os 34 pontos restantes, foram coletados pelo método RTK (Real time kinematic).

PONTOS	X	Y	Z	PONTOS	X	Y	Z
PC-1	295247,72	7109517,7	650,5902	PC-26	296933,66	7105634,2	657,782
PC-2	296080,1	7109641,9	626,4656	PC-27	295603,04	7104676	701,519
PC-3	296560,36	7109272,8	675,5142	PC-28	295347,59	7105195,3	663,4015
PC-4	296231,19	7109031	705,2953	PC-29	296681,46	7104874,5	678,6193
PC-5	295811,51	7109109,9	624,9241	PC-30	299094,15	7106307,9	637,978
PC-6	296016,76	7108340	684,3409	PC-31	298507,85	7105594,6	636,076
PC-8	296036,12	7107657,3	700,154	PC-32	298759,32	7105856,7	653,51
PC-9	296423,76	7107882	670,4259	PC-33	299590,2	7105633,4	687,2486
PC-10	296223,97	7107463,1	673,291	PC-34	299786,34	7106440,4	675,63
PC-11	296507,69	7107148,5	673,316	PC-35	300270,63	7107069,5	701,4509
PC-12	296903,43	7107476,9	637,1201	PC-36	300866,14	7106616,3	693,8361
PC-13	296442,92	7107544,7	644,9904	PC-37	301298,45	7106462,9	675,562
PC-14	296753,75	7106830,8	627,197	PC-38	295957,63	7105352	647,348
PC-15	297089,97	7106823,8	627,818	PC-39	297249,72	7104759	634,553
PC-16	296892,66	7105942,7	673,944	PC-40	298645,53	7106526,8	634,676
PC-17	297418,84	7106633,6	642,692	PC-41	297607,21	7106251,9	654,591
PC-18	297236,53	7105953,3	650,58	PC-42	299300,81	7105175,9	627,3709
PC-19	297070,93	7106318,6	641,711	PC-43	297667,28	7105289,5	634,0746
PC-20	298081,03	7106368,2	632,036	PC-44	296957,36	7105181,8	646,329
PC-21	298129,83	7106023,7	627,504	PC-45	296345,78	7104588,6	668,4515
PC-22	297181,69	7105231,4	640,44	PC-46	296731,58	7106511,3	653,5527
PC-23	297662,51	7105641,6	635,753	PC-47	296380,56	7106467,9	630,4502
PC-24	296513,89	7105265,1	677,255	PC-48	297441,62	7107022	616,8907
PC-25	296368,01	7105821,9	645,8314	PC-49	294937,78	7104619,1	655,2188
				PC-50	296690,56	7107277,3	639,9577

Figura 2 – Pontos de Apoio  
 Fonte: Toledo, B. H. C. (2018)

Os pontos de controle foram selecionados considerando o relevo da área a ser mapeada e obtidos de forma arbitrária, visto que . Como o objetivo do trabalho é avaliar qualidade posicional de produtos cartográficos, com utilização de 49 pontos de apoio, 24 pontos e 12.

A Figura 3 apresenta distribuição espacial dos pontos de controle. Observa-se, que na Figura 3 b, os pontos foram escolhidos espacialmente considerado cotas de altitude ortométrica.

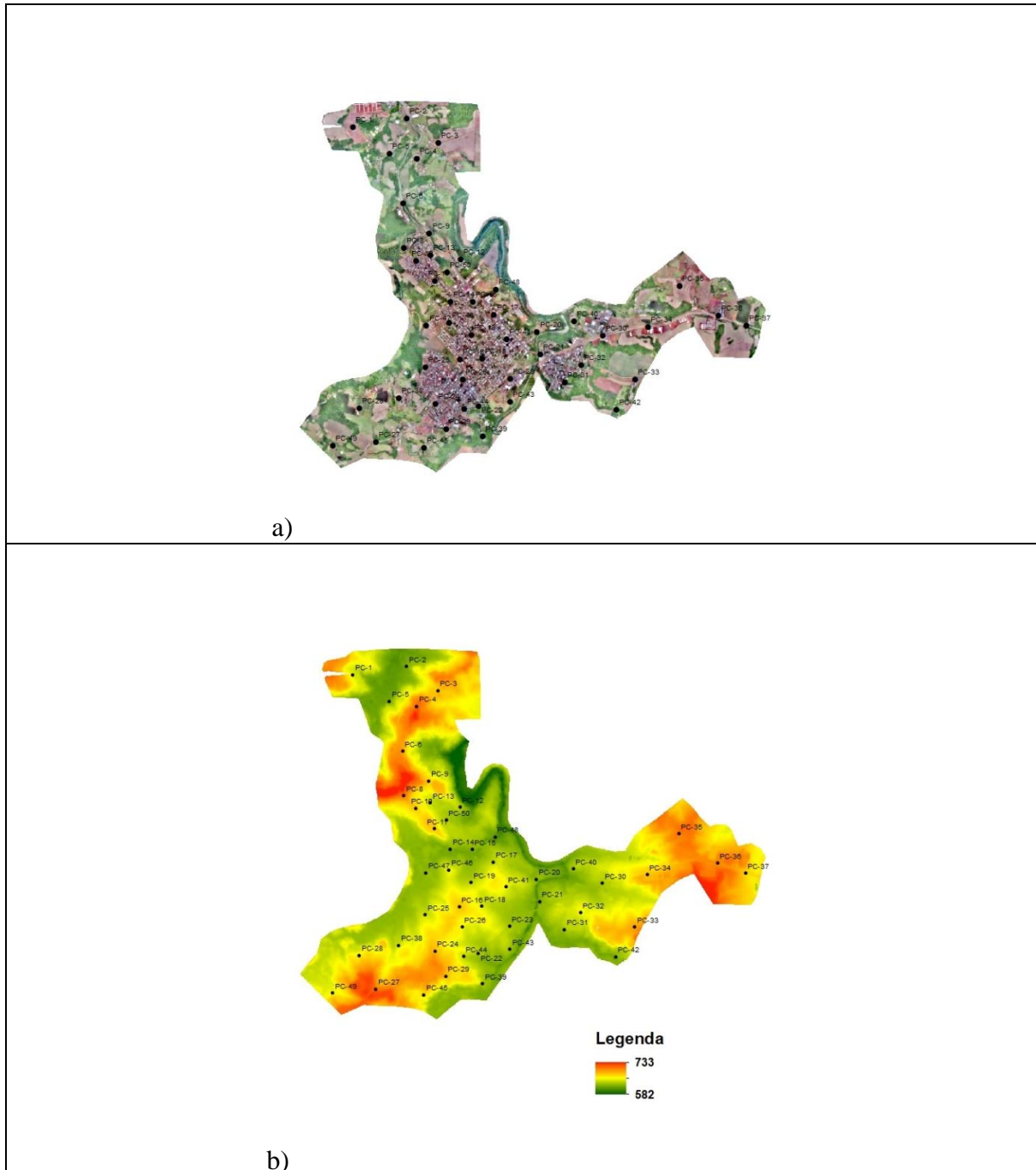


Figura 3: Distribuição espacial dos pontos de apoio  
Fonte: Autor, (2018)

O Quadro 4, apresenta os dados técnicos do voo. E o Quadro 5 apresenta os erros de processamento do software Agisoft Photoscan.

### Características do voo realizado

Características do Levantamento	Valores Observados
Altura do voo em relação à base	95 m
Velocidade média de voo	13m/s
Número de imagens	5.815
Recobrimento longitudinal	80%
Recobrimento lateral	60%
Modelo da câmera	DJI - CMOS; 20MP
Resolução da câmera	(4096×2160)
Distância focal da câmera	8.8 mm
Área total levantada	16,3 km <sup>2</sup> - 1.630 hectare
Resolução Espacial	2.61 x 2.61 cm

Quadro 4: Características do Voo Realizado

Fonte: Autor, 2018

Pontos de Controle	Erro Processamento
	XY
49 Pontos	2.173 mm
24 Pontos	7.587 mm
12 Pontos	3.972 mm

Quadro 5: Erro de Processamento

Fonte: Autor, 2018

Para o processo de verificação da PEC-PCD da ortofoto, foram utilizados 20 pontos dos 27 coletados (Tabela 1), o número de pontos de verificação foi obtido de acordo com a proposta de Merchant (1982), a qual especifica que 20 pontos são adequados para a avaliação da qualidade posicional de cartas. Estes pontos foram previamente escolhidos em uma análise da ortofoto, além do fato que para o processo de verificação de acurácia, foram necessários pontos com coordenadas diferentes das obtidas durante o processo de levantamento para pontos de apoio. Desses pontos, foram obtidos 6 pontos pelo método RTK e 21 pontos pelo método pós-processado.

Para a escolha dos pontos estudados foram escolhidos pontos foto identificáveis (canto de muro, boca de lobo, faixa de pedestre, entre outros). Após, coleta dos pontos homólogos já coletados com GNSS é feito uma verificação de um ponto homólogo na ortofoto produto do

VANT. As coordenadas da ortofoto do VANT e as coletas em campo com GNSS estão, no sistema SIRGAS 2000.

Tabela 1: Pontos de Verificação

Ponto	x (m)	y (m)
1	296043,8665	7109386,65100
2	296392,6924	7109170,12890
3	296384,6008	7106482,95849
4	296456,2853	7108643,03757
5	296323,0952	7107355,96586
6	297038,5680	7106915,88646
7	297085,7813	7107270,41825
8	296666,2409	7106168,27222
9	297244,6070	7106467,28308
10	296363,4052	7105454,44229
11	296123,3222	7104878,57848
12	297121,7089	7105230,32508
13	296020,9150	7108182,1771
14	298178,1205	7106119,12969
15	298980,7691	7106356,40567
16	298631,4132	7105752,79560
17	300823,9562	7106643,24309
18	296276,0969	7107871,02434
19	299140,7028	7105307,31610
20	295342,2612	7105086,30654

Fonte: Autor (2018)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de avaliação da acurácia posicional e consequentemente da definição da PEC para a ortofoto obtida pelo voo, por meio de VANTs, demonstra que a partir de uma comparação de vinte (20) pontos de verificação é possível avaliar em qual PEC o produto cartográfico pode ser enquadrado.

A Tabela 2 indica os valores de coordenadas (X,Y) obtidas no produto cartográfico originado pelo processado das imagem do vant com 49 pontos de controle, bem como as coordenadas obtidas em campo pelo GNSS.

Tabela 2 – Avaliação da qualidade posicional ortofoto com 49 pontos de apoio.

Ponto	Ortofoto		GPS		Discrepância		Erro
	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	Planimétrico (m)
1	296043,7209	7109386,7077	296043,8665	7109386,651	-0,1456	0,0567	0,1562660513
2	296392,5192	7109170,1039	296392,6924	7109170,1289	-0,1732	-0,0250	0,1750216944
3	296384,5205	7106482,8568	296384,6008	7106482,95849	-0,0803	-0,1017	0,1295932392
4	296456,1972	7108643,1156	296456,2853	7108643,03757	-0,0881	0,0780	0,1176700425
5	296323,1692	7107356,0073	296323,0952	7107355,96586	0,0740	0,0414	0,0847904845
6	297038,4702	7106915,8576	297038,5680	7106915,88646	-0,0978	-0,0289	0,1019597161
7	297085,8705	7107270,3072	297085,7813	7107270,41825	0,0892	-0,1111	0,1424366786
8	296666,1682	7106168,2583	296666,2409	7106168,27222	-0,0727	-0,0139	0,0739793982
9	297244,6169	7106467,2572	297244,6070	7106467,28308	0,0099	-0,0259	0,027705352
10	296363,4203	7105454,4072	296363,4052	7105454,44229	0,0151	-0,0351	0,03819509505
11	296123,3186	7104878,5568	296123,3222	7104878,57848	-0,0036	-0,0217	0,02197784352
12	297121,6698	7105230,3568	297121,7089	7105230,32508	-0,0391	0,0317	0,05036244976
13	296020,9546	7108182,2030	296020,9150	7108182,1771	0,0396	0,0259	0,04728344815
14	298178,0705	7106119,1571	298178,1205	7106119,12969	-0,0500	0,0274	0,05704918247
15	298980,7208	7106356,4070	298980,7691	7106356,40567	-0,0483	0,0013	0,0483512956
16	298631,4202	7105752,8076	298631,4132	7105752,7956	0,0070	0,0120	0,01389244407
17	300823,8705	7106643,2076	300823,9562	7106643,24309	-0,0857	-0,0355	0,09272742293
18	296276,0199	7107870,9570	296276,0969	7107871,02434	-0,0769	-0,0673	0,1022544769
19	299140,6704	7105307,3080	299140,7028	7105307,3161	-0,0324	-0,0081	0,03335447104
20	295341,9700	7105086,4071	295342,2612	7105086,30654	-0,2912	0,1006	0,3080525263
				<b>Média</b>	-0,053	-0,005	0,091
				<b>DesPadrao</b>	0,088	0,054	0,069
				<b>PEC</b>	0,145	0,089	0,114

Fonte: Autor (2018)

Os valores obtidos por esse método demonstram que a média das discrepâncias nas coordenadas E, relativas a ortofoto processada com 49 pontos de controle, foi relativamente pequena, com valores inferiores ao centímetro, no âmbito das coordenadas N, a média por ainda mais baixa, indicando que as discrepâncias entre o levantamento de campo e o produto cartográfico possuem muitas similaridades, indicadas pela linha de tendência na Figura 5.

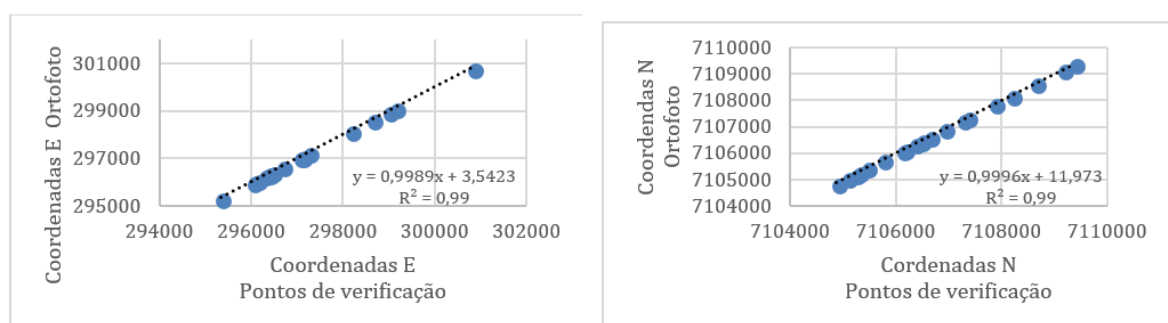


Figura 5: Gráficos das Coordenadas UTM E N do produto cartográfico e dos pontos de validação em relação a linha de tendência

Fonte: Toledo, B. H. C., 2018.

De acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, o produto cartográfico em teste foi enquadrado como classe A, na escala 1:1000, pois de acordo com o cálculo:  $0.5 \text{ mm} \times 1000 = 500 \text{ mm}$  é possível ter até 50 cm de erro nos valores encontrados para o produto em questão. Para os valores regulamentados na ET-ADGV, o PEC-PCD foram calculados para a escala 1:1000, sendo que foram obtidos os valores de  $EP = 0,00017013 \times 1000 - 0,0014 = 0,16873$ . Observando os valores definidos pelo cálculo da PEC-PCD, verificou-se que o erro planimétrico obtido da tabela foi de 0,114, muito abaixo do erro previsto para essa escala, enquadrando o produto cartográfico como Classe A também na norma PEC-PCD.

Ortofoto			GPS		Discrepância		Erro
	Ponto	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	x (m)	
1	296.043,74	7109386,393	296043,8665	7109386,651	-0,1227	-0,258	0,285655207
2	296392,5445	7109169,994	296392,6924	7109170,129	-0,1479	-0,1349	0,200200917
3	296384,415	7106482,834	296384,6008	7106482,958	-0,1858	-0,1245	0,22367842
4	296456,2115	7108643,119	296456,2853	7108643,038	-0,0738	0,0814	0,109881257
5	296323,087	7107355,985	296323,0952	7107355,966	-0,0082	0,0191	0,020832827
6	297038,503	7106915,893	297038,568	7106915,886	-0,065	0,0065	0,065318234
7	297085,8616	7107270,345	297085,7813	7107270,418	0,0803	-0,0733	0,108688411
8	296666,2345	7106168,227	296666,2409	7106168,272	-0,0064	-0,0452	0,045664784
9	297244,638	7106467,119	297244,607	7106467,283	0,031	-0,1641	0,166980917
10	296363,3774	7105454,387	296363,4052	7105454,442	-0,0278	-0,0553	0,061892312
11	296123,2885	7104878,513	296123,3222	7104878,578	-0,0337	-0,0655	0,073645942
12	297121,704	7105230,29	297121,7089	7105230,325	-0,0049	-0,0351	0,035423059
13	296020,9767	7108182,181	296020,915	7108182,177	0,0617	0,0039	0,061782217
14	298178,177	7106119,188	298178,1205	7106119,13	0,0565	0,0583	0,081170057
15	298980,715	7106356,537	298980,7691	7106356,406	-0,0541	0,1313	0,142049113
16	298631,558	7105752,783	298631,4132	7105752,796	0,1448	-0,0126	0,145347171
17	300823,7544	7106643,11	300823,9562	7106643,243	-0,2018	-0,1331	0,241708234
18	296275,9714	7107870,928	296276,0969	7107871,024	-0,1254	-0,0963	0,158174265
19	299140,896	7105307,219	299140,7028	7105307,316	0,1932	-0,0971	0,216267551
20	295341,9719	7105086,142	295342,2612	7105086,307	-0,2893	-0,1645	0,332798129
				Média	-0,039	-0,058	0,139
				DesPadrao	0,119	0,094	0,088
				PEC	0,196	0,155	0,145

Figura 6: Avaliação da qualidade posicional ortofoto com 24 pontos de apoio.

Fonte: Autor (2018)

Neste caso, ainda o produto por ser enquadrado como Classe A no processo de avaliação de acordo com o PEC, porém, nota-se uma pequena variação entre este produto com o anterior, sendo que o valor da PEC neste caso foi de 0,145 m. Em consideração que neste produto há praticamente 50% dos pontos de apoio originais, esperava-se ao mínimo que o erro padrão do produto dobra-se em relação ao produto com mais pontos. No caso, com uma redução de 48,97% nos números de pontos de apoio na elaboração do produto cartográfico (49 pontos para 24 pontos), foi registrado o aumento de 27,19% no valor da PEC do produto com 24 pontos em relação do produto com 49 pontos de apoio no erro padrão. Os valores do PEC-PCD ainda ficaram aceitáveis caracterizando um produto Classe A – PEC-PCD.

É possível observar as discrepâncias nas coordenadas N E, e a relação com a linha de tendência (Figura 7).

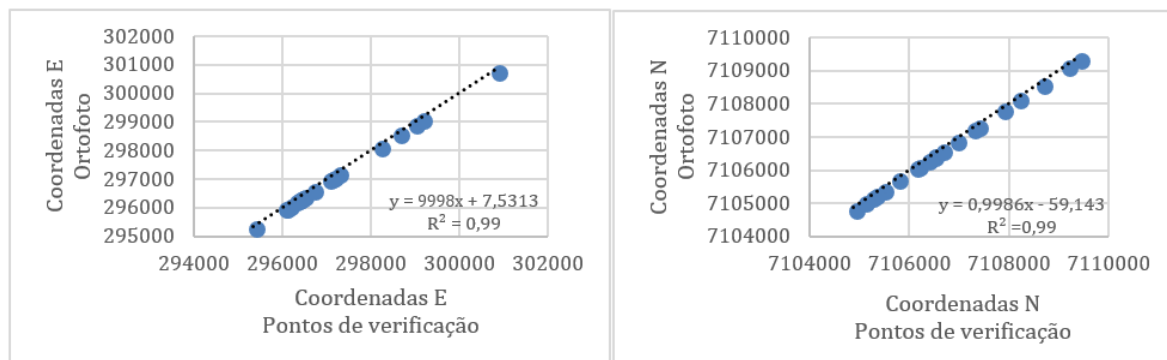


Figura 7: Gráficos das Coordenadas UTM E N do produto cartográfico e dos pontos de validação em relação a linha de tendência

Fonte: Toledo, B. H. C., 2018.

Os resultados obtidos ainda foram avaliados com um terceiro produto cartográfico, o qual foi produzido por apenas 12 pontos de apoio, para avaliar se há alterações significativas nos valores da PEC para um produto com um número menor de pontos de apoio.

Os resultados obtidos estão descritos da Tabela 3, os quais foram obtidos pelos mesmo métodos dos anteriores.

Tabela 3: Avaliação da qualidade posicional ortofoto com 12 pontos de apoio.

Ponto	Ortofoto		GPS		Discrepância		Erro
	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	Planimétrico (m)
1	296.043,82	7109386,4400	296043,8665	7109386,651	-0,0448	-0,2110	0,2156646729
2	296392,5571	7109170,0390	296392,6924	7109170,1289	-0,1353	-0,0899	0,1624666333
3	296384,5373	7106482,8430	296384,6008	7106482,95849	-0,0635	-0,1155	0,1318124015
4	296456,2229	7108642,9880	296456,2853	7108643,03757	-0,0624	-0,0496	0,07967480787
5	296323,1736	7107355,9750	296323,0952	7107355,96586	0,0784	0,0091	0,07890515489
6	297038,4574	7106915,9580	297038,5680	7106915,88646	-0,1106	0,0715	0,131712261
7	297085,8582	7107270,1900	297085,7813	7107270,41825	0,0769	-0,2282	0,240855166
8	296666,2781	7106168,2060	296666,2409	7106168,27222	0,0372	-0,0662	0,0759740409
9	297244,6022	7106467,0910	297244,6070	7106467,28308	-0,0048	-0,1921	0,1921402161
10	296363,3936	7105454,3470	296363,4052	7105454,44229	-0,0116	-0,0953	0,09599527203
11	296123,2626	7104878,3750	296123,3222	7104878,57848	-0,0596	-0,2035	0,212030624
12	297121,7408	7105230,2350	297121,7089	7105230,32508	0,0319	-0,0901	0,09555557672
13	296020,9989	7108182,0590	296020,9150	7108182,1771	0,0839	-0,1181	0,1448445435
14	298178,1603	7106119,3370	298178,1205	7106119,12969	0,0398	0,2073	0,2110896742
15	298980,7087	7106356,3070	298980,7691	7106356,40567	-0,0604	-0,0987	0,1157061642
16	298631,4460	7105752,7850	298631,4132	7105752,7956	0,0328	-0,0106	0,03447027694
17	300823,7258	7106643,2430	300823,9562	7106643,24309	-0,2304	-0,0001	0,2303670176
18	296276,0839	7107870,7840	296276,0969	7107871,02434	-0,0129	-0,2403	0,2406886331
19	299140,6114	7105307,3220	299140,7028	7105307,3161	-0,0914	0,0059	0,09154632011
20	295341,9182	7105086,0820	295342,2612	7105086,30654	-0,3430	-0,2245	0,409940769
				Média	-0,042	-0,087	0,160
				DesPadrao	0,106	0,115	0,087

PEC	0,175	0,189	0,143
-----	-------	-------	-------

Fonte: Autor (2018)

Os resultados demonstram que os valores para a PEC ainda estão no limite aceitável (50 cm), para o enquadramento como classe A. Os valores do EP para a PEC-PCD ainda se encontram no limite, ainda caracterizando como Classe A, na escala 1:1000. Os valores ainda apontam que o produto produzido com 24 pontos de apoio é muito similar ao produzido com 12 pontos de apoio. Os pontos ainda seguem uma linha de tendência de acordo com a Figura 8.

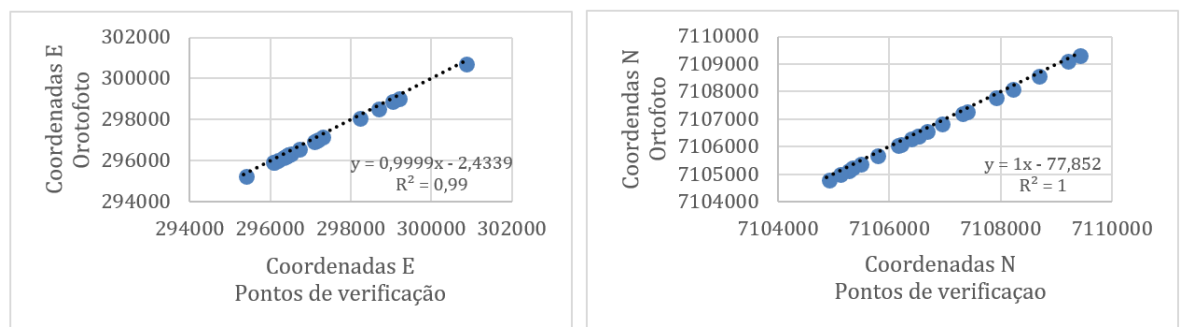


Figura 8: Gráficos das Coordenadas UTM E N do produto cartográfico e dos pontos de validação em relação a linha de tendência

Fonte: Toledo, B. H. C., 2018

Com a análise de resultados pode-se inferir que a redução dos pontos de apoio na produção do produto cartográfico (ortofoto) não contribui significativamente para a perda da exatidão cartográfica dos produtos. Ainda há o fato de que os produtos cartográficos produzidos por Vants superam a escala 1:1000 limite da atual normal. Foi realizado pelo teste-t de student a avaliação das discrepâncias entre as coordenadas E N para verificar se os resultados amostrais não foram tendenciosos (Quadro 6).

Ortofoto	T calc E	T calc N	T tab
49 pontos	0,015	0,068	2,093
24 pontos	0,016	0,012	2,093
12 pontos	0,090	0,003	2,093

Quadro 6: Estatística Inferencial

Fonte: Toledo, B. H. C., 2018.

De acordo com os resultados, há uma indicação que os valores calculados para as coordenadas E e N foram abaixo dos valores tabelados de acordo com a amostra, indicando que os produtos cartográficos, quando analisados a partir de uma amostra similar, não apresentam

resultados tendenciosos, indicando que a ortofoto não possui erros sistemáticos que possam comprometer a validação da sua exatidão cartográfica pelas normas do PEC e do ET-ADGV.

## 5. CONCLUSÕES:

A utilização de normas para atestar a exatidão cartográfica dos produtos gerados em território nacional é vista como um processo padrão para atestar a qualidade espacial dos dados oriundos de procedimentos tecnológicos. Com a evolução das tecnologias de coleta de dados, e principalmente na evolução do imageamento da superfície por meio de drones e VANTs, a validação dos produtos cartográficos é cada vez mais importante para que não ocorra o uso indiscriminado e incorreto dos produtos obtidos.

No caso, ao se adotar os procedimentos descritos na norma do PEC e conseqüentemente na PEC-PCD, verificou-se que os produtos cartográficos possuem uma qualidade muito alta em relação ao previsto nas normas. Os resultados baseados na norma do PEC padrão ainda são amplamente utilizadas, porém, no contexto de imagem com grande precisão e acurácia, a utilização desse referencial não é adequado visto que a maioria dos novos produtos cartográficos baseados em drones e vants extrapolam os padrões estabelecidos pela norma em questão.

A utilização da ET-ADGV, por meio do PEC-PCD, faz mais sentido, tendo em vista que os produtos cartográficos são em sua amplitude digitais, estabelecendo um maior controle da exatidão cartográfica. O PEC-PCD também contribui para o enquadramento dos produtos (ortofoto) em escalas ao nível de detalhe (1:1000), pois o processo de controle a precisão e acurácia posicional é muito mais restritivo que da PEC-Padrão.

Os resultados ainda demonstram que o número de pontos de apoio na imagem, não contribuíram significativamente para a redução dos valores da PEC. A utilização de 49 pontos de apoio na produção do produto cartográfico baseado em imagem obtidas pelos vants, não obteve diferenças expressivas em relação do produto com 24 e 12 pontos, demonstrando que no caso dessa área de estudo, a quantidade de pontos de apoio não influenciou na classificação da Padrão de exatidão cartográfica dos produtos, pois todos os produtos testados, independentemente da quantidade de pontos de apoio obtiveram o Padrão-A.

Em seqüência a esta lógica, novos estudos deverão ser realizados, pois há indícios de que a distribuição espacial dos pontos de apoio possuem uma relação direta ao processo da obtenção da exatidão cartográfica desses novos produtos cartográficos.

## Referências:

BRASIL, Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984 – **Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 1984. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/d89817.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm)>. Acesso em: 23 mai. 2018.

DSG - DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Especificação técnica para a aquisição de dados geoespaciais vetoriais (ET-ADGV)**. Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, Departamento de Ciência e Tecnologia. Brasília-DF, 2ª edição, v. 2, 2016.

EVERAERTS, J. et al. **The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping**. 2008. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. 37. 1187-1192 p. Disponível em: <[http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1\\_pdf/203.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1_pdf/203.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2018.

HARDIN, P. J.; JENSEN, R. R. Small-scale unmanned aerial vehicles in environmental remote sensing: Challenges and opportunities. *GIScience & Remote Sensing*, v. 48, n. 1, 2011. 99–111, p.

MERCHANT, D. C. **Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps Technical Papers of the American Congress on Surveying and Mapping**, v. 1, p. 222-231, 1982

SAMPAIO, T. V. M.; BRANDALIZE, M. C. B. **Cartografia geral, digital e temática**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2018. 210 p.: il. - (Série Geotecnologias: teoria e prática; v. 1).

SANTOS, S. D. R.; HUINCA, S.C. M; MELO, L. F. S.; SILVA, M. T. Q. S. DELAZARI, L S. **Considerações sobre a utilização do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) nos dias atuais**. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésias e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife. Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésias e Tecnologias da Geoinformação. 2010.

SOPCHAKI, Carlos Henrique. **Influência do N amostral e das características do relevo na qualidade de modelos digitais do terreno**. 2016. 30-39 p. UFPR. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/45147/R - T - CARLOS HENRIQUE SOPCHAKI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. 2. ed. Berlin: Softback, 2003. 589 p.