



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CÂMPUS CARAÚBAS
CURSO CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DANIEL DOUGLAS DIÓGENES PEIXOTO

**PRODUÇÃO DE IMAGEM AÉREA ORTORRETIFICADA DA UFERSA CÂMPUS
CARAÚBAS ATRAVÉS DE VANT**

CARAÚBAS - RN
2015

DANIEL DOUGLAS DIÓGENES PEIXOTO

**PRODUÇÃO DE IMAGEM AÉREA ORTORRETIFICADA DA UFERSA CÂMPUS
CARAÚBAS ATRAVÉS DE VANT**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, câmpus Caraúbas, como exigência final para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Ms. Paulo Henrique Araújo Bezerra - UFERSA

CARAÚBAS – RN
2015

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Campus Caraúbas (BCC)
Setor de Informação e Referência

P379p Peixoto, Daniel Douglas Diógenes Peixoto.

Produção de imagem área ortorretificada da UFERSA
Câmpus Caraúbas através de VANT/ Daniel Douglas Diógenes
Peixoto -- Caraúbas, 2015.
36f.: il.

Orientador: Prof. Me. Paulo Henrique Araújo Bezerra

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

1. Processamento de imagens. 2. Ortorretifica - imagem. 3.
Vant – Processamento de fotos. I. Título.

RN/UFERSA/BCC

CDD: 621.367

Bibliotecário: Eugênio Pacelli Ferreira da Costa
CRB-15/658

DANIEL DOUGLAS DIÓGENES PEIXOTO

**PRODUÇÃO DE IMAGEM AÉREA ORTORRETIFICADA DA UFERSA CÂMPUS
CARAÚBAS ATRAVÉS DE VANT**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, câmpus Caraúbas, como exigência final para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM 02 / 02 / 15

BANCA EXAMINADORA

[Redacted Signature]

Prof. Ms. Paulo Henrique Araújo Bezerra - UFERSA
Orientador - Presidente

[Redacted Signature]

Prof. Ms. Francisco Aécio de Lima Pereira
Primeiro Membro

[Redacted Signature]

Prof Ms. Wendel Silva Cabral
Segundo Membro

A Domingos de Almeida Peixoto (in memorian), meu avô, o maior incentivador de todas as minhas iniciativas, me apoiando quando muitos não acreditavam e me aconselhando quando me encontrava enganado em relação às minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Paulo Henrique, por ter confiado em meu potencial, assim como ter compartilhado o conhecimento necessário para a elaboração deste trabalho, buscando sempre melhorar os aspectos estudados, por último, mas não menos importante, ter provido amizade e dedicação, sendo um exemplo de ser humano.

À minha avó Adília, que me criou como sendo seu filho, provendo o pão de cada dia, os cuidados com minha saúde e o saber viver frente às dificuldades financeiras.

À minha mãe Neuma que, com sua força de trabalho, sua dedicação, sua confiança inabalável, me serve de exemplo de como não parar de lutar pelos meus objetivos nunca.

Ao meu pai Francisco, por me ensinar a usar inteligência lógica em problemas cotidianos, servindo como base para a minha escolha pela engenharia, bem como pelos inúmeros conselhos dados.

Ao meu irmão Deevidy, meu melhor amigo, sempre serviu de exemplo com suas inúmeras horas de estudos diários, visando um futuro melhor e por me ensinar a não julgar situações precipitadamente.

Às minhas irmãs Brena, Duda, Hívina e Thaysa, pelas insuportáveis horas me pedindo para pesquisar produtos para comprar na internet, despertando o interesse pela tecnologia.

À minha melhor amiga, minha companheira Fernanda, por ter conseguido me suportar por tanto tempo, por saber lidar com meu senso crítico, por saber o que eu quero comer, por ter me dado dois cachorros, pelas brigas, pelos elogios e por todo o amor compartilhado.

À minha técnica em assuntos educacionais da UFERSA – Câmpus Caraúbas favorita, Kaline Machado, por todos os diálogos debatidos, todo o apoio fornecido e por esta fortíssima amizade.

A todos os meus amigos, em especial a Erikson, Ilg e Vinícius, por terem concedido horas de diversão e muita gargalhada, tenho certeza de que nossa amizade é verdadeira e interminável.

RESUMO

A UFERSA – Câmpus Caraúbas encontra-se em fase de consolidação, uma fase de crescimento acelerado com a construção de novos prédios a todo instante, porém visto a falta de atualizações e da qualidade de imagens de satélite, fica difícil analisar o crescimento do câmpus, assim como fazer o acompanhamento e fiscalização de suas obras sem estar locado no mesmo. Os VANTs surgem para oferecer uma alternativa que pode prover imagens atualizadas de excelente qualidade. As imagens obtidas ainda trariam outros benefícios, como permitir aos seus usuários uma maior precisão na localização dos espaços internos a eles disponíveis, além de ajudar na execução das aulas práticas dentro do câmpus. O desenvolvimento do trabalho se deu através de uma nuvem de pontos, obtida através do processamento de fotos aéreas registradas por um VANT. O pequeno investimento veio suprir as necessidades de geolocalização, com precisão analisada visualmente. O produto gerado por equipamentos extremamente limitados foi compensado por um poderoso *software*, chegando ao produto final, uma imagem aérea ortorretificada do câmpus.

Palavras – chave: Imagem Ortorretificada. UFERSA. Nuvem de Pontos. VANT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Refletância da água, vegetação e solo	15
Figura 2 - Fotografia aérea oblíqua alta do centro da cidade de Jaguaribe/CE.....	16
Figura 3 - Mosaico com 76 imagens de uma área de estudo	17
Figura 4 - Estereoscópio.....	18
Figura 5 - VANTs de diferentes modelos.....	19
Figura 6 - Linha de voo planejada previamente de forma a existir a sobreposição entre a sequência de imagens.	20
Figura 7 - Proposta apresentada pela ANAC.	21
Figura 8 - Nuvem de pontos dispersa.....	22
Figura 9 - Nuvem de pontos densificada.	22
Figura 10 - Ponto de controle.	23
Figura 11 - Etapas realizadas para a obtenção das imagens.....	25
Figura 12 - Distribuição de pontos de controle.	25
Figura 13 - Adição de imagens no software Pix4D.....	26
Figura 14 - Adição de coordenadas dos pontos de controle no software.	27
Figura 15 - Nuvem de pontos dispersa do câmpus.	27
Figura 16 - Identificação de pontos de controle.....	28
Figura 17 - Nuvem de pontos densificada.	28
Figura 18 - Ortofoto da UFERSA/Câmpus Caraúbas obtida através de nuvem de pontos.....	29
Figura 19 - a) Imagens do Google Earth, b) Ortofoto.	30
Figura 20 - Fragmentação na borda da cobertura do centro de convivência.	31
Figura 21 - Guarita deformada, quase não identificável.	31

Figura 22 - Poste em projeção perspectiva.	32
---	----

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	11
2- OBJETIVOS.....	13
2.1 - OBJETIVO GERAL	13
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 – SENSORIAMENTO REMOTO	14
3.2 – FOTOGRAMETRIA	15
3.2.1 – Tipos de Imagens Aéreas	16
3.2.2 – Mosaico de Imagens e Produtos da Fotogrametria.....	16
3.2.3 – Estereoscopia.....	17
3.3 – OBTENÇÃO DE IMAGENS.....	18
3.3.1 – Vant.....	18
3.3.2 – Planejamento do Voo	20
3.3.3 – Normas de Uso	20
3.4 – PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....	21
3.4.1 – Resolução da Ortofoto.....	23
4 – METODOLOGIA	24
4.1 – LOCAL DO LEVANTAMENTO	24
4.2 – EQUIPAMENTOS E SOFTWARES UTILIZADOS	24
4.3 – PLANEJAMENTO	24
4.4 – OBTENÇÃO DAS IMAGENS	25
4.5 – COLETA DAS COORDENADAS DOS PONTOS DE CONTROLE	26
4.6 – PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....	26
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	30

5.1 – TAMANHO DO PIXEL	30
5.2 – ANORMALIDADES	31
5.3 – DISCUSSÃO	32
6 – CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS.....	34
ANEXO A – COMPARATIVO DA ORTOFOTO GERADA COM AS IMAGENS DO GOOGLE.....	35

1 – INTRODUÇÃO

Até recentemente, estudantes e pesquisadores da fotogrametria vinham tendo dificuldades em avançar em seus estudos devido à dificuldade em conseguir imagens aéreas de uma área de interesse. Alugar ou operar uma aeronave seria, então, uma coisa ainda mais difícil de se conseguir. Frente a esses empecilhos surge o que pode ser a melhor alternativa: os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados).

O uso de VANTs vem se popularizando cada dia mais, com diversas notícias em toda a mídia, com ênfase a sua destinação à cobertura fotográfica de eventos. No entanto, o poder dessas pequenas máquinas não se limita a isso. Graças à tecnologia nelas empregada nos dias atuais, é possível utilizá-los para a confecção de ortofotos através de processos fotogramétricos.

Atualmente há uma grande facilidade para a aquisição ou montagem de um Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT, para fins de aerofotogrametria, a partir de vários modelos prontos, de peças e componentes disponíveis no mercado. Apesar da alta tecnologia, um sistema completo tem um custo significativamente muito baixo, quando comparado com um sistema aerofotogramétrico convencional. Devido a essa acessibilidade ao público, a sua aplicação pelos profissionais que trabalham com as geotecnologias, no mapeamento de pequenas áreas com poucos hectares, monitoramento de obras de engenharia, estudos ambientais, cálculos de volumes em mineração, etc, tem crescido muito a cada ano. (SILVA, et al, 2014, p.1)

Não só os VANTs, mas também os computadores ficam muito mais poderosos a cada ano. Frente a esse poder de processamento dos computadores, surgem os softwares que trabalham com nuvem de pontos, as quais têm sido alvo de diversas pesquisas nas mais diferentes áreas, visto que é possível obter o espaço (tridimensional) através de imagens (bidimensionais).

Fotogrametria é um assunto bastante disseminado, tendo inúmeras fontes de pesquisa. Já a utilização de uma nuvem de pontos para gerar produtos da fotogrametria é um assunto com poucas fontes de consulta no Brasil, sendo a maioria delas muito recente.

Tendo em vista a situação atual, onde as imagens de satélite disponíveis não são atualizadas com a frequência necessária, poderia então ser realizado um levantamento aerofotogramétrico? Quão impactante seria ter um mapa desenvolvido através de uma nuvem de pontos?

Ainda não existem normas vigentes sobre o uso de VANTs, visto que os mesmos alcançaram o impacto necessário para serem notados há pouco tempo no Brasil. Então as limitações seriam apenas o valor do equipamento e seus acessórios.

A imagem gerada traria comodidade a estudantes e pesquisadores que utilizam constantemente as imagens de satélite que mostram o câmpus Caraúbas, além de fornecer informações sobre o estado atual do câmpus e, além disso, auxiliar a locomoção, dentro do câmpus, daqueles que não o conhecessem internamente.

2- OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Realizar a produção de uma imagem aérea ortorretificada da UFERSA – Câmpus Caraúbas.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar riscos quanto ao uso do VANT na universidade;
- Realizar o levantamento das imagens e produzir a ortofoto;
- Comparar a qualidade da imagem produzida com uma imagem de satélite existente.

3 – REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão discutidos conceitos e definições associados ao sensoriamento remoto, fotogrametria, estereoscopia, VANT e normas de uso, imagens aéreas, tamanho de pixel e suas especificações.

3.1 – SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto, de modo geral, pode ser definido como a técnica para a obtenção de informações da superfície de um objeto alvo, não ocorrendo contato. O sensoriamento remoto da Terra, por exemplo, é executado por meio de satélites e aeronaves, equipados com os mais diferentes tipos de sensores.

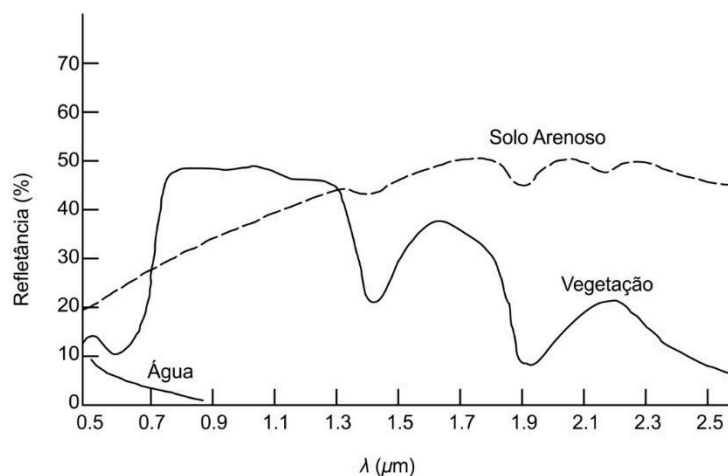
Meneses e Almeida (2012, p. 03) afirmam que: “Sensoriamento Remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto”.

No início de sua história, o sensoriamento remoto foi bastante utilizado com finalidade militar, ainda que o mesmo não fosse chamado assim. O termo consolidou-se há cerca de duas décadas após o término da Segunda Guerra Mundial. A partir de então, teve início aquele que viria a ser o método mais utilizado para adquirir informações sobre a superfície terrestre, registrando um grande avanço já em 1972, quando o primeiro satélite com finalidade civil foi lançado.

Conforme Rosa (2009), no Brasil, o grande início do uso do sensoriamento remoto não teve finalidade militar, mas sim a de coletar informações sobre os recursos naturais, incentivado pela grande extensão do país e levando-se em consideração os altos custos gerados quando da utilização de métodos convencionais. O impulso foi dado pelo projeto RADAMBRASIL, na década de 60, fornecendo treinamento e especialização a técnicos brasileiros, os quais conheciam apenas o manuseio de fotografias aéreas.

Dependendo do tipo de sensor utilizado, o sensoriamento remoto pode tornar-se mais complexo, envolvendo o estudo de princípios físicos como a radiação eletromagnética, leis da radiação e alguns outros conceitos. Um exemplo disso seria analisar o comportamento espectral de alvos, que nada mais é do que a medida da refletância de um alvo, ao longo do espectro eletromagnético.

Figura 1 - Refletância da água, vegetação e solo



Fonte: SWAIN & DAVIS, 1978, apud ROSA, 2009, p. 42.

Como visto na Figura 1, é possível identificar o tipo de alvo a partir da análise de dados de refletância ao longo do espectro eletromagnético, facilitando sua discriminação.

3.2 – FOTOGRAMETRIA

A fotogrametria tem, como pai, o capitão do exército francês Aimé Laussedat. O mesmo foi capaz de perceber, em 1858, através do estudo de outros, a aplicação de determinadas imagens em levantamentos topográficos. Também foi o criador dos primeiros equipamentos para levantamentos aerofotogramétricos.

Um outro grande nome para a história da fotogrametria é o de Eduard Dolezal, criador da Sociedade Internacional de Fotogrametria (*International Society for Photogrammetry*) e da publicação *International Archive for Photogrammetry*. Dolezal organizou o Primeiro Congresso Internacional de Fotogrametria, em 1913, onde lhe foi apresentado, por Qyabdi Tardivo, um mosaico de fotos da cidade líbia Bengasi.

Etimologicamente, a palavra fotogrametria vem do grego: *photon* (luz), *grafos* (escrita) e *metron* (medições), significando medições feitas através de fotografias. Sua definição e divisão são apresentadas por Ghilani e Wolf (2013, p. 618) da seguinte forma: “A fotogrametria pode ser definida como a ciência, a arte e a tecnologia de obtenção de informações confiáveis a partir de fotografias. Ela compreende duas áreas de especialização principais: métrica e interpretativa.”

A fotogrametria métrica diz respeito à medição de distâncias, áreas, volumes, elevações a partir de fotografias aéreas. Em alguns casos são utilizadas fotografias terrestres para fachadas, por exemplo.

Já a fotogrametria interpretativa diz respeito à identificação ou distinção de alvos a partir de equipamentos sensíveis a comprimentos de onda não visualizados pelo olho humano ou câmeras de uso pessoal.

3.2.1 – TIPOS DE IMAGENS AÉREAS

As imagens aéreas são geralmente classificadas quanto ao ângulo em que foram obtidas. As imagens que estiverem com o ângulo alinhado completamente com o eixo vertical são chamadas verticais. Imagens em que haja a inclinação proposital do ângulo de obtenção são chamadas oblíquas baixas e oblíquas altas; no caso das altas, é possível visualizar o horizonte. Para a elaboração de mapas são utilizadas, geralmente, fotografias verticais.

Figura 2 - Fotografia aérea oblíqua alta do centro da cidade de Jaguaribe/CE.



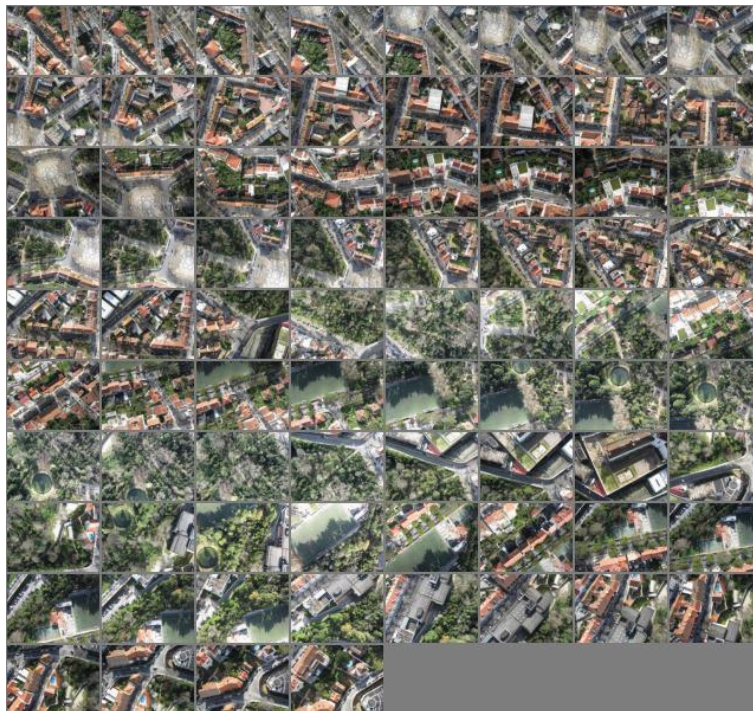
Fonte: Próprio autor, 2014.

3.2.2 – MOSAICO DE IMAGENS E PRODUTOS DA FOTOGRAMETRIA

O processo fotogramétrico se dá por meio da obtenção de fotos retiradas sequencialmente de modo a recobrir toda a área de interesse. A partir das imagens adquiridas, as quais representam um mosaico da região (Figura 3), é possível

produzir diversos produtos como MDS (Modelo Digital de Superfície), MDT (Modelo Digital de Terreno), ortofoto, entre outros.

Figura 3 - Mosaico com 76 imagens de uma área de estudo



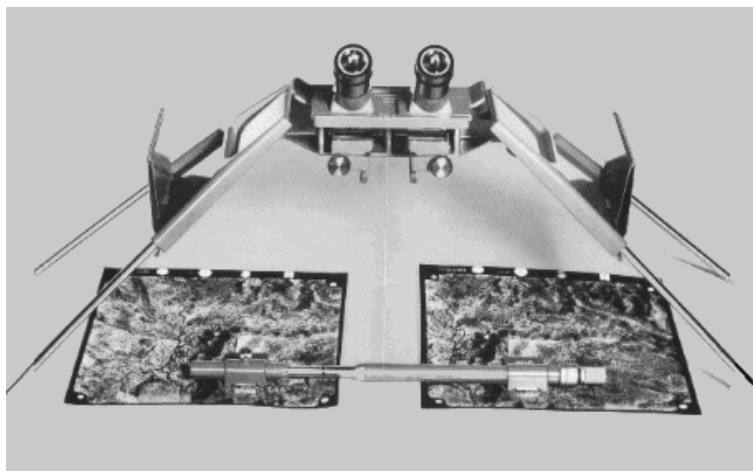
Fonte: DUARTE; GONÇALVES, 2014, p. 06.

3.2.3 – ESTEREOSCOPIA

Os seres humanos sentem a profundidade do espaço observado graças à sua visão binocular e à forma como seus olhos estão dispostos. Isso é possível pela associação que o cérebro faz ao observar um mesmo objeto a partir de duas posições diferentes.

Um instrumento denominado estereoscópio (figura 4) torna possível a visualização tridimensional a partir de duas imagens obtidas de ângulos diferentes de um determinado local. O estereoscópio separa as imagens de uma forma que cada um dos olhos só possa ver cada uma das imagens separadamente.

Figura 4 - Estereoscópio.



Fonte: www.gisiberica.com.

3.3 – OBTENÇÃO DE IMAGENS

As primeiras fotografias aéreas foram obtidas através de balões, pipas e até mesmo pombos, mas hoje são utilizadas aeronaves para realizar esse procedimento. As aeronaves podem cobrir vastas áreas em um curto período de tempo, mas também apresentam limitações como o planejamento de voo (o que pode levar algum tempo), alto custo da aeronave e da câmera utilizada, pessoal capacitado para pilotar a aeronave e utilizar câmeras que não são vistas comumente.

3.3.1 – VANT

Com o avanço tecnológico, surgiram novos métodos para obtenção de imagens aéreas. O uso de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) (Figura 5), do inglês *UAV (Unmanned Aerial Vehicle)*, também chamados de drones, vem se popularizando como um método rápido, barato e seguro para a obtenção de imagens.

Figura 5 - VANTs de diferentes modelos.



Fonte: AGOSTINHO, 2012, p. 51.

A Comunidade Internacional de Sistemas para Veículos Não Tripulados (*UVS Internacional Community*) divide os VANT em cinco categorias (Tabela 1).

Tabela 1 - Divisão das categorias segundo a *UVS Internacional Community*

Categoria	Peso (Kg)	Raio de operação (Km)	Altitude (m)	Duração (horas)
Micro	<5	<10	250	1
Mini	<25	<10	150/250 /300	<2
Curto Alcance	25 - 150	10 - 30	3000	2 - 4
Médio Alcance	50 - 250	30 - 70	3000	3 - 6
Grande Altitude e Longa Duração	>250	> 70	>3000	> 6

Fonte: EISENBESS, 2004 apud FERREIRA, 2014.

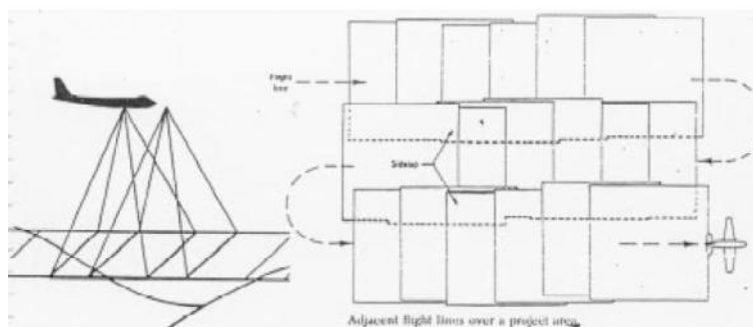
Apesar de cobrir áreas menores do que as aeronaves tripuladas, os VANTs dispõem de bastante versatilidade, pois é possível usá-los em áreas consideradas de risco para aeronaves. No que diz respeito ao preço relativo, um VANT custa uma pequena parcela de uma aeronave, o que também se aplica às câmeras utilizadas em aeronaves e nos VANTs.

3.3.2 – PLANEJAMENTO DO VOO

Antes de iniciar qualquer levantamento aéreo, é necessário fazer um reconhecimento prévio da área de interesse, de modo a identificar riscos, assim como elaborar um plano de voo.

O plano de voo trata da rota que o VANT deve percorrer para recobrir toda a área desejada. Deve-se levar em consideração que haja sobreposição longitudinalmente e lateralmente entre a sequência de imagens durante o planejamento do plano de voo. Vale ressaltar que, utilizando maiores valores de sobreposição, serão conseguidos melhores resultados, porém o tempo de processamento das imagens será maior. Não existe um valor padrão de sobreposição mínima, a mesma é definida dependendo da qualidade do produto desejado.

Figura 6 - Linha de voo planejada previamente de forma a existir a sobreposição entre a sequência de imagens.



Fonte: geosenso.wordpress.com.

3.3.3 – NORMAS DE USO

Para alguns pode parecer estranho, mas para pilotar um VANT em uma área pública ou privada onde exista a presença de pessoas é necessária muita experiência do piloto; também deve haver planejamento prévio, assim como as pessoas presentes devem estar cientes da operação do VANT.

No Brasil, ainda não existe legislação definida para este tipo de operação. Neste cenário, a ANAC vem se mobilizando para definir normas de uso, que variam dependendo do peso do VANT ou RPA (Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas) como é definido pela ANAC (Figura 7).

Figura 7 - Proposta apresentada pela ANAC.



Proposta de Regulamentação
Quadro resumo dos níveis de regulamentação propostos

	Indoor		Área privada aberta		Área pública aberta		Áreas desabitadas	
	Área Privada	Área Pública	Até 400ft VLOS	> 400ft, BVLOS	Até 400ft VLOS	> 400ft, BVLOS	Até 400ft VLOS	> 400ft, BVLOS
Aeromodelo	Básica	X	Básica	X	1	X	Básica	X
RPA 25kg	Básica	1	Básica	1	1	X	Básica	1
RPA 25-150kg	X	X	2	2	X	X	2	2
RPA > 150kg	X	X	3	3	X	X	3	3
VANT autônomo	X	X	X	X	X	X	X	X

Legenda:
Básica: praticamente nenhuma exigência para operar
1: nível de exigência baixo;
2: nível de exigência intermediário;
3: nível de exigência alto; e
X: operação proibida

Fonte: www.anac.gov.br.

As siglas *VLOS* e *BVLOS* significam, respectivamente, Linha de Visada Visual e Além da Linha de Visada Visual. Na figura 7 é possível ver limitações maiores para BVLOS, visto que significa um menor contato visual e maior distância entre o VANT e o controlador, levando a maiores riscos de execução.

3.4 – PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

Convencionalmente, as imagens a serem processadas são utilizadas em conjunto com um MDT, que nada mais é do que um registro da elevação de uma área qualquer, onde são desprezadas a vegetação, edificações e veículos, passando pelo processo de ortorretificação, técnica esta que visa uniformizar a escala da sequência de imagens, transformando-as em uma ortofoto, a qual pode ser posteriormente ilustrada e utilizada como um mapa.

Um método que vem sendo bastante utilizado para o processamento das imagens nos últimos anos é o da obtenção de uma nuvem de pontos da sequência de imagens. Essa nuvem de pontos é uma representação do espaço contido nas imagens, porém os *pixels* (pontos) aparecem de forma dispersa (figura 8).

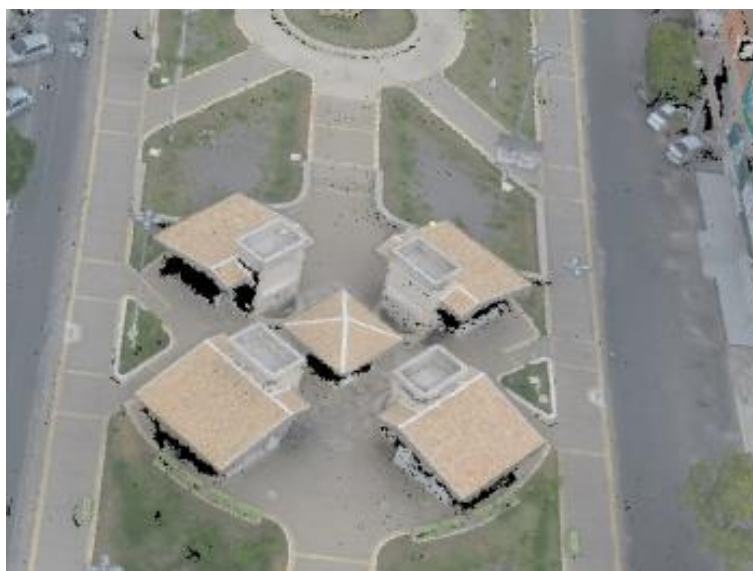
Figura 8 - Nuvem de pontos dispersa.



Fonte: Próprio autor.

Através de um processo secundário, denominado densificação da nuvem de pontos, é possível obter uma nuvem de pontos mais próxima da realidade (figura 9) e, a partir desta, obter ortofoto e MDS da região.

Figura 9 - Nuvem de pontos densificada.

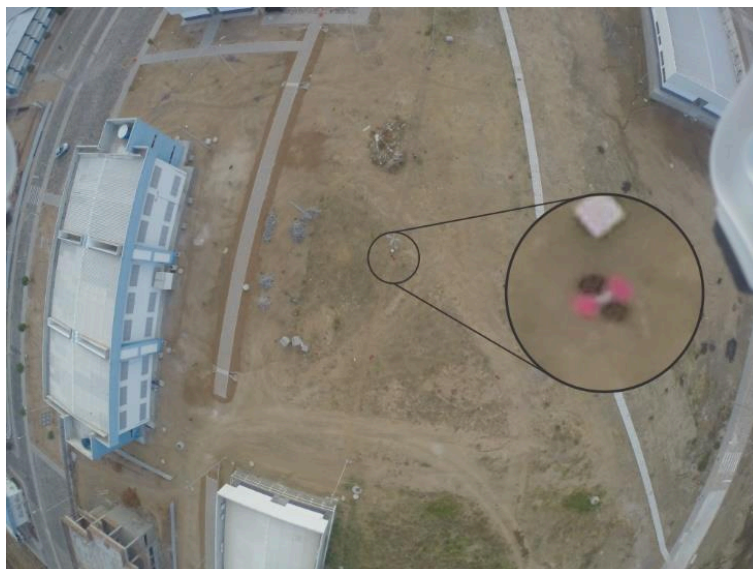


Fonte: Próprio autor.

No software, são introduzidas a sequência de imagens e as coordenadas dos pontos de controle, os quais correspondem a lugares no solo onde são conhecidas suas coordenadas planas e sua altitude (figura 10); é a partir da triangulação das coordenadas dispostas nos pontos de controle que são

georreferenciados os produtos da nuvem de pontos. Recomenda-se que os pontos de controle tenham o mínimo de alinhamento entre si.

Figura 10 - Ponto de controle.



Fonte: Próprio Autor.

É necessário que se faça a identificação de todos os pontos de controle visíveis em cada imagem manualmente, no entanto a maioria dos softwares dá a possibilidade de fazer a identificação automática, havendo um erro maior na triangulação do que a identificação manual, desde que cada um dos pontos seja localizado em pelo menos uma imagem.

Ao final de todo o processamento, podemos gerar MDS, ortofoto georreferenciado ou até mesmo exportar a nuvem de pontos e transformá-la em uma malha tridimensional.

3.4.1 – RESOLUÇÃO DA ORTOFOTO

A resolução da ortofoto, assim como de uma imagem qualquer se dá pela quantidade de *pixels* contidos na imagem. A diferença é que na ortofoto temos escala uniforme, servindo o pixel então como uma unidade de medida, sendo assim, o tamanho do *pixel* em uma ortofoto representa a menor unidade que se pode ser medida.

4 – METODOLOGIA

4.1 – LOCAL DO LEVANTAMENTO

A obtenção das imagens foi realizada na UFERSA - Câmpus Caraúbas, localizada na RN 233, KM 01, Sítio Nova Esperança II, Caraúbas/RN, cuja guarita possui as coordenadas 5°46'28.8"S 37°34'14.8"W (Google Earth).

4.2 – EQUIPAMENTOS E SOFTWARES UTILIZADOS

Para a obtenção das imagens foi utilizado um VANT Phantom, da empresa DJI, equipado com uma câmera GoPro Hero 3 Black+ e um *gimbal* (suporte estabilizador da câmera que possui a capacidade de manter a inclinação constante, através de um giroscópio).

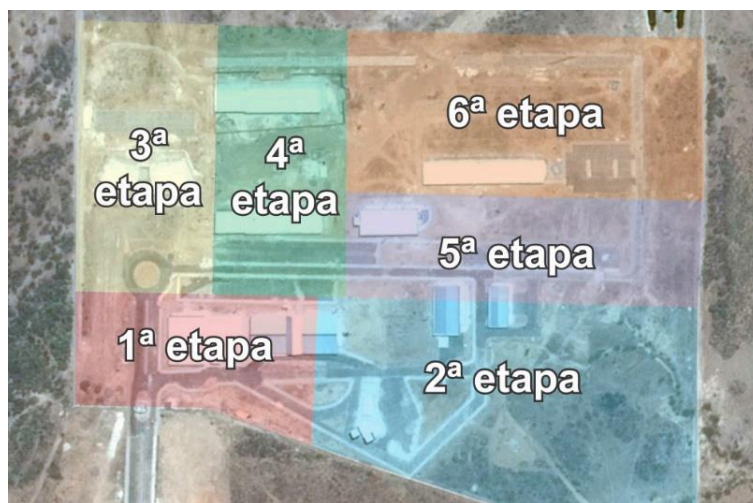
Para coletar as coordenadas dos pontos de controle foram utilizados um aparelho de GPS modelo 78s, da marca Garmin e um nível topográfico. Apesar deste modelo nos fornecer a altitude onde está locado, a mesma varia muito devido a variação de temperatura e pressão, o que não acontece com o nível topográfico, justificando a utilização deste último.

Os softwares utilizados foram o Pix4D e o Google Earth, o primeiro para o processamento das imagens e segundo nas etapas de planejamento.

4.3 – PLANEJAMENTO

Tendo em vista a curta duração da bateria do VANT, cerca de 10 minutos, o voo foi dividido em 6 etapas (figura 11). Foram consideradas as alturas das edificações no planejamento das etapas para a obtenção das imagens, já que as edificações atrapalhavam na linha de visada visual do VANT.

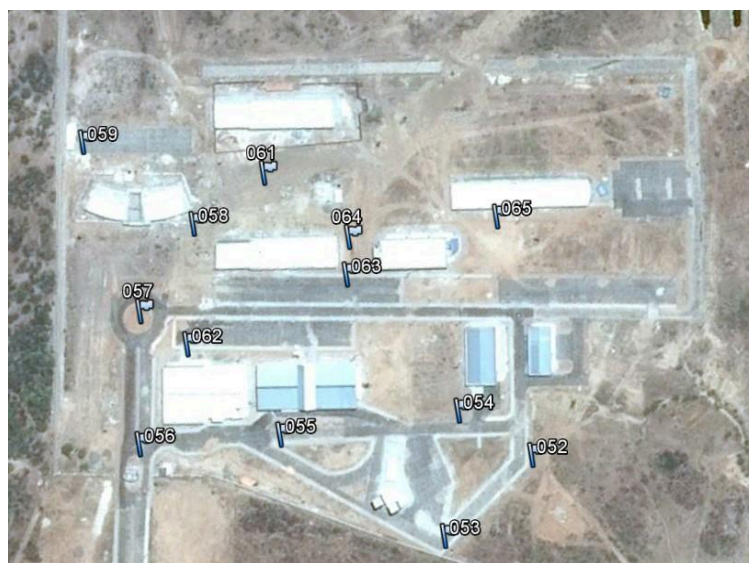
Figura 11 - Etapas realizadas para a obtenção das imagens.



Fonte: Adaptado de maps.google.com

Além do planejamento do voo, também foram planejados os locais dos pontos de controle, como pode ser visto na figura 12.

Figura 12 - Distribuição de pontos de controle.



Fonte: Adaptado de maps.google.com

4.4 – OBTENÇÃO DAS IMAGENS

As imagens foram obtidas durante o mês de Janeiro de 2015, sempre no horário próximo às 9h00 da manhã, para que as sombras dos objetos estivessem

alinhadas. A escolha do horário também foi influenciada pelo horário de aula, neste horário há um menor fluxo de alunos circulando pelas vias do câmpus.

As imagens não passaram por nenhum processo de edição, o que inclui correção de distorções, de cores, ou até mesmo aplicação de filtros fotográficos via software. Também não foram utilizados filtros físicos.

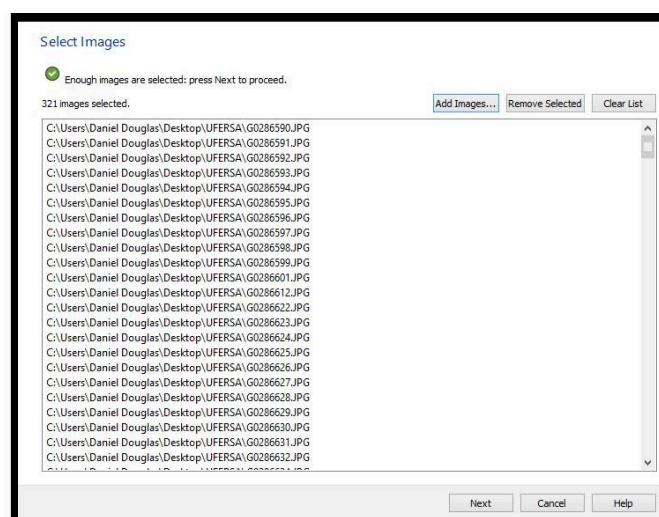
4.5 – COLETA DAS COORDENADAS DOS PONTOS DE CONTROLE

A coleta se deu pela passagem por cada um dos pontos de controle, anotando as coordenadas no próprio aparelho de GPS. Posteriormente foi realizada a altimetria. Vale ressaltar que, por utilizar a altimetria sem uma referência de nível de uma altitude conhecida, a nuvem de pontos possui apenas diferenças de níveis condizentes com a realidade, e não sua altitude.

4.6 – PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

Após a obtenção, as imagens foram transferidas para o computador via cartão de memória da câmera.

Figura 13 - Adição de imagens no software Pix4D.

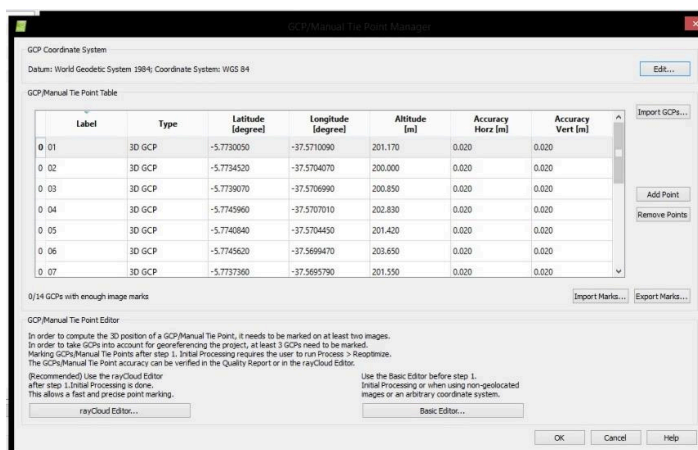


Fonte: Próprio autor

No software, foi escolhido um nome para o projeto e, em seguida, ocorreu a inserção das imagens (figura 13). As imagens dispostas pela câmera não possuíam georreferência. Quando as imagens possuem georreferência, o software as utiliza.

Após adicionadas as imagens, foram inseridas as coordenadas tridimensionais dos pontos de controle. A coordenada “z”, dada pelo GPS, foi editada, sendo modificada para os valores de altimetria. As coordenadas foram inseridas em um arquivo de texto (.txt) e, finalmente, adicionadas ao software (figura 14).

Figura 14 - Adição de coordenadas dos pontos de controle no software.



Fonte: Próprio autor

A fase de processamento começou após a adição das imagens e pontos de controle, dividindo-se em 4 etapas. Na primeira etapa, o software nos forneceu uma nuvem de pontos dispersa (figura 15).

Figura 15 - Nuvem de pontos dispersa do câmpus.



Fonte: Próprio autor

A identificação dos pontos de controle foi tida como a segunda etapa do processamento. Através da nuvem dispersa e de cada uma das imagens, foi realizada a identificação dos pontos de controle, como mostrado na figura 16.

Figura 16 - Identificação de pontos de controle.



Fonte: Próprio autor

A terceira etapa do processamento foi determinada pela densificação da nuvem de pontos (figura 17). A partir dela foi possível visualizar o câmpus mais próximo da realidade, sendo possível visualizar perfeitamente todas as edificações e vias.

Figura 17 - Nuvem de pontos densificada.



Fonte: Próprio autor

Na última etapa do processamento, sendo também a de maior interesse deste trabalho, foi obtido a ortofoto (figura 18).

Figura 18 - Ortofoto da UFERSA/Câmpus Caraúbas obtida através de nuvem de pontos.



Fonte: Próprio autor

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foi realizada a análise da ortofoto gerada através da nuvem de pontos. Os critérios analisados foram: o tamanho do pixel, anormalidades e verificação visual comparativa com as imagens de satélite do Google.

5.1 – TAMANHO DO PIXEL

O tamanho do pixel (ou resolução espacial) obtido foi de 0,034m para os cerca de 120.000m² da área utilizada do câmpus, para uma altura de voo média de 50 metros do solo. Na figura 19, é possível observar um comparativo entre as imagens de satélites do Google Earth de 2013 e da ortofoto.

Figura 19 - a) Imagens do Google Earth, b) Ortofoto.



Fonte: 19a maps.google.com / 19b próprio autor

5.2 – ANORMALIDADES

No produto obtido foi possível visualizar diversas anomalias como fragmentação de bordas de coberturas (figura 20), muros e guarita totalmente deformados (figura 21), além de objetos que estão em projeção perspectiva (figura 22).

Figura 20 - Fragmentação na borda da cobertura do centro de convivência.



Fonte: Próprio autor

Figura 21 - Guarita deformada, quase não identificável.



Fonte: Próprio autor

Figura 22 - Poste em projeção perspectiva.



Fonte: Próprio autor

5.3 – DISCUSSÃO

No quesito financeiro, a produção da ortofoto superou as expectativas, pois com um baixo investimento, conseguiu-se elaborar um produto de maneira rápida, fácil e segura.

As deformações encontradas, assim como objetos não processados se dão pela baixa sobreposição, ou ausência da mesma, causando falhas durante o processamento. As fragmentações nas coberturas podem tornar-se objeto de estudo de futuros trabalhos, assim como o estudo da viabilidade para se usar a nuvem de pontos como uma maquete eletrônica.

No geral, as anormalidades estão diretamente relacionadas com o tipo de câmera utilizada, que apresenta grande distorção em suas imagens, e o *gimbal* de baixa qualidade, não mantendo o ângulo alinhado com a vertical.

As imagens de satélite do Google foram utilizadas para estes fins comparativos porque são as mais recentes dentre as plataformas online, datadas de 2013. Sendo assim, foi lançado um comparativo, mostrando, de forma geral, como ficou a aparência da ortofoto (ANEXO A), onde é possível verificar maior qualidade na ortofoto, além das novas edificações.

6 – CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, foram relacionados os termos fotogrametria e precisão. A precisão do produto obtido é questionável, carecendo de uma análise de valores absolutos, e não apenas uma análise visual. O principal intuito, ao produzir esta ortofoto, foi dar uma alternativa às imagens de satélite, sendo a precisão obtida suficiente para estes fins, visto as condições impostas no que diz respeito aos equipamentos utilizados, como as limitações da câmera, do VANT, do aparelho de GPS e do *gimbal*.

Com o avanço da tecnologia, os custos para a produção de imagens aéreas desse tipo podem ser ainda mais reduzidos, e a qualidade das ortofotos via nuvem de pontos chegar ao nível dos métodos convencionais para sua produção.

A ortofoto poderá ser utilizada pela própria universidade para a monitoração de suas obras; pode vir a auxiliar as aulas da disciplina de topografia, pois nas aulas práticas, os estudantes terão alternativa às imagens de satélite; promover a divulgação geográfica do câmpus e, após sua posterior ilustração, pode ser utilizada como um mapa, facilitando a locomoção na universidade.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, Sérgio L. **Inspeção e Monitorização de Estruturas em Engenharia Civil – Utilização de UAV na Inspeção e Monitorização**. Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira, Portugal, 2012.
- ALMEIDA, José Augusto; SOUZA, Izaías dos A. **O uso de VANT em áreas urbanas – como mitigar os inevitáveis acidentes**. Revista da UNIFA (impresso), 2014.
- COELHO, Luiz; BRITO, Jorge N. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.
- DUARTE, Diogo; GONÇALVES, Gil. **Avaliação de câmara de pequeno formato transportada por Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT, para uso em aerolevantamentos**. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- FERREIRA, Alexandre M. R. **Avaliação de câmara de pequeno formato transportada por Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT, para uso em aerolevantamentos**. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- GHILANI, Charles D.; WOLF, Paul R. **Geomática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- MENESES, Paulo R; ALMEIDA, Tati. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- MITISHITA, Edson et al. **O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) em aplicações de mapeamento aerofotogramétrico**. Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade do Paraná, Brasília, 2014.
- ROSA, Roberto. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: EDUFU, 2009.
- SILVA, Daniel C. et al. **Qualidade de ortomosaicos de imagens de VANT processados com os softwares APS, Pix4D e Photoscan**. Em: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.
- SILVA, Eliane A. **90 Anos da Missão Cartográfica Imperial Militar Austríaca no Exército Brasileiro – Relato Histórico da Fotogrametria (1920-2010)**. Em: 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica. Paraty, Rio de Janeiro, 2011.

ANEXO A – COMPARATIVO DA ORTOFOTO GERADA COM AS IMAGENS DO GOOGLE

