

# Perguntas e Respostas adicionais relacionadas ao novo sensor ADS100 ESTEIO

Valther Xavier Aguiar



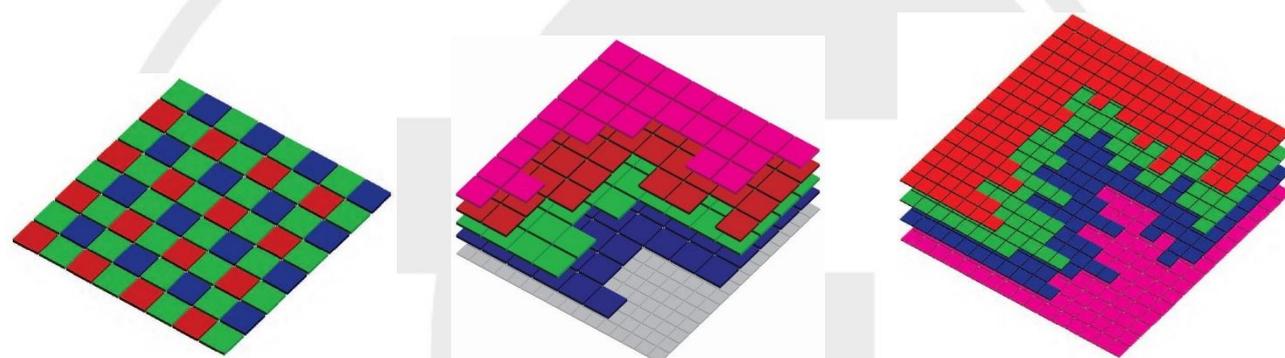
Imagem Obtida com sensor Leica ADS100 do Passeio Público de Curitiba - PR

Apresentamos aqui algumas Perguntas e Respostas adicionais relacionadas ao sensor Leica ADS100 adquirido pela ESTEIO. Trata-se de questões que não fizeram parte da primeira publicação bem como algumas que surgiram após a leitura de nossos colaboradores, clientes e colegas. A este texto poderá ser incluído novas perguntas que eventualmente possam surgir. Sinta-se convidado a perguntar ou comentar.

**Qual a diferença entre câmaras pequeno, médio e grande formato?**

Essa terminologia surgiu na época dos sensores analógicos e dizia respeito ao tamanho do quadro, ou do negativo da imagem. No mundo dos sensores digitais, está também associado ao tamanho da imagem, embora seja muito relativo, pois a evolução é muito rápida. Entretanto, o que de fato difere os sensores digitais são os recursos tecnológicos disponíveis. Os sensores de grande formato são dotados de vários recursos tais como: imageamento multiespectral em bandas individualizadas – ou seja, um sensor para cada banda, plataforma giro-estabilizadora, FMC (Forward Motion Compensation) ou TDI (Time Delay Integration), lentes desenhadas especificamente para a fotogrametria entre outras. Já as câmaras de

médio formato geralmente: não coletam imagens multiespectrais, existe somente um sensor para a coleta RGB com o uso do filtro de Bayer, onde de cada 4 pixels um é vermelho (R), dois são verdes (G) e um azul (B); poucas delas dispõem da banda infra vermelha, plataforma, FMC, ou lentes específicas para a fotogrametria. E os sensores de pequeno formato, via de regra, são as câmaras fotográficas digitais convencionais, com poucos desses recursos e que equipam a maior parte dos drones. Um outro parâmetro de classificação poderia também ser o peso do sensor, como já foi citado esses sensores variam de gramas, para os de pequeno formato, até mais duzentos quilos para os de grande formato, embora a tecnologia seja principal forma de classificar.



Pequeno e médio formato

Grande formato - Frame

Grande Formato - Pushbroom

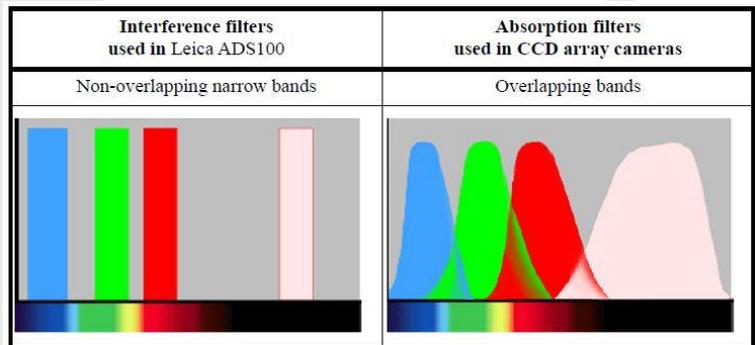
Esquema de geral de coleta das imagens pelos Sensores de pequeno, médio e grande formato

### Qual a diferença entre sensor aéreo e câmara aérea digital?

Os próprios fabricantes assim denominam seus equipamentos. A sigla ADS do sensor Leica significa Sensor Digital Aerotransportado (em inglês Airborne Digital Sensor), da mesma forma a sigla da também Leica DMC significa Câmara Digital de Mapeamento (do inglês Digital Mapping Camera), e ainda, no caso do fabricante Vexcel, o “Cam” das, não menos famosas câmaras UltraCam é a abreviatura de “Camera”. O Sensor aerofotogramétrico ADS é assim chamado por se tratar efetivamente de um sensor e não uma câmara aérea, pois tem pouca analogia a uma câmara fotográfica. Diferentemente das câmaras aéreas, com o sensor ADS não é possível coletar uma imagem sem o mesmo estar em movimento, ele é de uso exclusivo para a aerofotogrametria. O sensor ADS não possui obturador, que é também uma outra característica das câmaras fotográficas. Grande parte das câmaras aéreas digitais (de quadro) se utilizam de câmaras fotográficas disponíveis no mercado integradas aos periféricos como controladoras, unidade inercial, GPS e etc. Um bom exemplo disso são as câmaras que operam à bordo dos drones, a grande maioria são câmaras fotográficas comuns existentes no mercado que tanto podem ser utilizadas de forma comum ou aerotransportada.

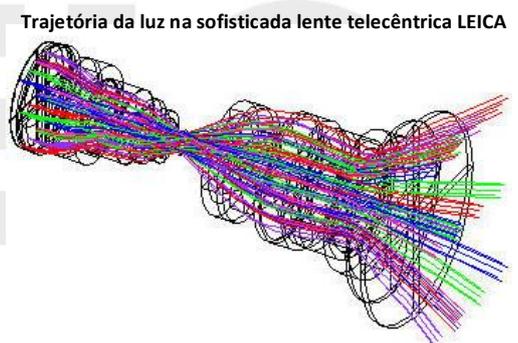
## Qual a importância de bandas espectrais individuais no imageamento aéreo?

Ao se utilizar o sensor de varredura ADS100, as bandas R, G, B e NIR são capturadas com a mesma resolução. Quando o imageamento é feito por um sensor de frame de grande formato, as bandas R, G, B e NIR são coletadas com resolução menor. Ao mesmo tempo é também coletada uma imagem pancromática, com maior resolução, que será utilizada para a fusão com as bandas espectrais. Esse processo de fusão, conhecido como pan-sharpening, transfere a informação espectral RGBN de menor resolução para a imagem de maior resolução, ou seja, num sensor de frame, de grande formato, quando se diz que a imagem RGB tem resolução de X cm, essa resolução de X é na verdade a resolução da banda pancromática, pois as bandas R, G e B são coletadas com resolução diferente, geralmente com pixel 2 ou 3 vezes maior. Embora, após o pan-sharpening, visualmente não se perceba perda de qualidade, ao se utilizar softwares de processamento digital de imagem isso pode fazer diferença. Um outro aspecto que contribui para a melhora na resolução espectral é o filtro de interferência usado no sensor ADS. A figura mostra claramente a eficiente separação das bandas espectrais, fundamental para aplicações de sensoriamento remoto, de uma imagem obtida pelo sensor ADS100 em comparação com o obtida por um sensor de frame que utiliza filtro de absorção.



## Qual a importância de uma lente única e telecêntrica na câmara aérea?

Como mencionado na resposta anterior, as câmaras de frame de grande formato utilizam um sensor, CCD ou CMOS, para cada banda espectral, sendo um sensor (ou mais) de maior resolução e precisão que coleta a imagem na banda pancromática e pelo menos mais quatro sensores de menor resolução que coletam as bandas R, G, B e NIR. Então as bandas espectrais oriundas de uma câmara matricial sempre são originadas da fusão de imagens oriundas de lentes distintas e por vezes com distâncias focais também diferentes. Enquanto que se oriundas de um sensor linear somente uma lente é utilizada na captura da imagem. Os sensores de lente única sempre possuem uma lente de maior qualidade e resolução do que os sensores que têm cinco ou mais lentes. O fato da lente ser telecêntrica faz com que a luz sempre incida no plano focal de forma perpendicular, independentemente da posição do pixel, aumentando significativamente a qualidade



espectral. A lente da câmara ADS100 tem um projeto exclusivo para uso na fotogrametria, é fabricada pela própria Leica e é somente utilizada neste sensor. O mesmo não acontece com a grande maioria das câmaras de frame que utilizam lentes mais simples e com menos recursos, além de serem também lentes genéricas, utilizadas em diversos outros equipamentos.

**Qual a importância de uma plataforma giro-estabilizada?**

As plataformas giro-estabilizadas, estabilizadoras ou também conhecidas como berços, foram introduzidas ainda no mundo das câmaras aéreas analógicas. Como o próprio nome diz elas são responsáveis pela estabilização do sensor durante o voo. Uma aeronave quando em movimento, possui vibrações oriundas do propulsor, do próprio voo ou condições meteorológicas adversas. Esses movimentos se não forem minimizados podem introduzir nas imagens, distorções e deformações não admissíveis dependendo da precisão requerida ou objetivo do imageamento. Uma plataforma pode também ampliar a janela de tempo de voo em condições menos favoráveis, uma vez que pode eliminar ou minimizar as indesejadas interferências provocadas por um voo sem esse periférico ou dispositivo. A plataforma PAV100 que faz parte do sensor ADS100 é também utilizada em conjunto com outros sensores LEICA tais como, sensores batimétricos, sensor híbrido CityMapper, sensor de quadro DMC, entre outros. Embora todas as câmaras de grande formato tenham plataforma, o mesmo não acontece com câmaras de médio formato, pois são poucas as que possuem, e quando têm, geralmente são mais simples e limitadas.



**Plataforma Leica PAV100 e o uso com diferentes Sensores**

**Qual a importância de uma unidade de medição inercial de alta performance?**

A unidade de medição inercial ou IMU (Inertial Measurement Unit), em conjunto com o GNSS ou GPS, são os responsáveis na definição da coordenada precisa do sensor no exato momento da tomada da imagem. Algum tempo atrás sistemas inerciais eram exclusividade militar. Quando adquirimos nosso primeiro sensor aéreo com IMU, tivemos de obter autorização do ministério da defesa americano. Algum tempo depois, com o avanço tecnológico, permitiu-se que fossem utilizados

sistemas e unidades inerciais, de uso civil, sem essa autorização. Hoje, são vários os sistemas e unidades disponíveis, e o que os diferenciam são principalmente a precisão e qualidade. Um IMU de alta performance trará uma grande precisão na trajetória da aeronave-sensor que possibilitará a obtenção de produtos de maior precisão, ou que dependam menos de trabalhos de campo para o alcance da precisão desejada. Todos os sistemas e unidades inerciais possuem especificações e alguns clientes brasileiros já exigem sistemas com precisões mínimas em suas contratações.

Porque existem dois sensores na visada nadiral que coletam a banda espectral verde (RGGBN)?

Trata-se de um recurso adicional do sensor ADS100 que permite aumentar a resolução da visada nadiral (recurso HR – High Resolution). São dois sensores lineares paralelos deslocados de meio pixel (Green Staggered CCD) que permitem coletar a banda verde (G) com o dobro da resolução. Quando esse modo ou recurso é ativado, a visada nadiral passa a ter 40.000 pixels transversais à linha de voo. Entretanto, como somente a banda verde é coletada em alta resolução é necessário utilizar o Pan-sharpening para a obtenção das demais bandas espectrais na mesma resolução geométrica, e com isso há uma perda na resolução radiométrica de forma semelhante ao que acontece com as câmaras digitais de quadro. O recurso HR é hoje utilizado com exclusividade pelo HxGN Content Program (Programa de Conteúdo da Hexagon). Em versões anteriores da ADS, o recurso já foi disponibilizado comercialmente, e muito empregado para imageamento dos EUA pelo programa americano NAIP (National Agriculture Imagery Program) que tem a finalidade de imagear o país nas bandas espectrais RGBN.

Qual o GSD possível de ser coletado, com a ADS100, num local com altitude de 1000 metros e restrição de altitude mínima de voo de 11.000 pés?

O GSD (tamanho pixel no terreno) é função direta da altura de voo e do cone (Sensor Head) utilizado. Voar a 11.000 pés de altitude numa região que tem altitude média do terreno de 1000m, é o equivalente a uma altura de voo de 2.350 metros. Utilizando o cone SH100, na coleta direta teríamos 19cm de GSD e 9,5cm no modo Alta Resolução (HR – High Resolution). E, se utilizarmos o cone SH120 na coleta direta o GSD seria de 10cm e 5cm no modo HR. O Sensor Head SH100 tem distância focal de 62,5mm enquanto que o SH120 tem focal de 120mm.



Qual a importância do FMC?

O FMC (Forward Motion Compensation) é uma tecnologia também introduzida na época das câmeras analógicas, cujo objetivo é eliminar o indesejado arrastamento na imagem. Todos sabemos o quão difícil é fotografar um objeto em movimento. Num recobrimento aerofotogramétrico não se pode parar a aeronave para fazer a tomada da fotografia, então, o recurso FMC, de uma forma bem simples de explicar, simula exatamente isso. Durante muito tempo o FMC foi exclusivo das câmaras de grande formato, entretanto hoje, também existe esse recurso em algumas das melhores câmaras de médio formato, alguns exemplos disso são as câmaras Leica RCD30, Leica MFC150 e Phase One iXA180. No mundo analógico o FMC era mecânico, entretanto no mundo digital ele pode ser mecânico ou digital. No universo digital, a tecnologia chamada TDI (Time Delay Integration) é mais uma ferramenta capaz de minimizar o arrastamento da imagem – e é essa tecnologia que existe no sensor Leica ADS100.

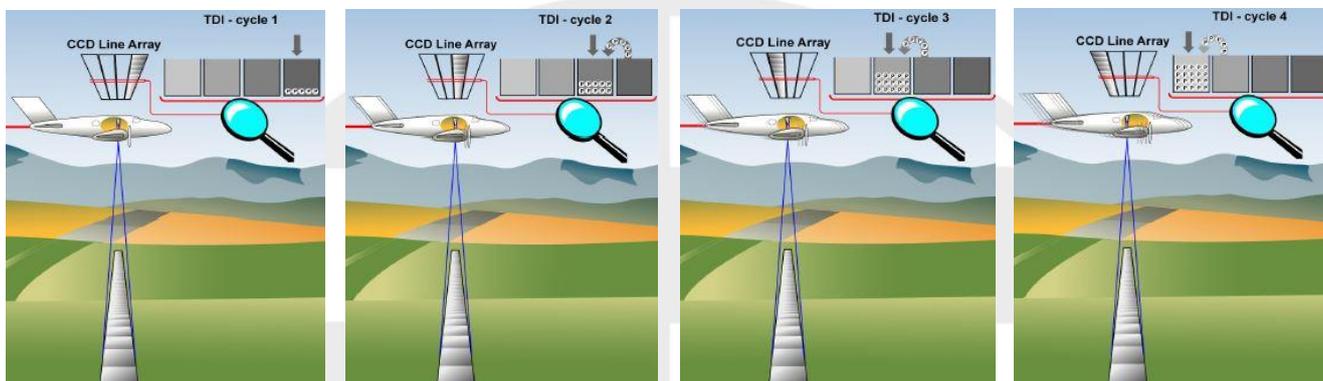


Imagem aérea coletada sem e com a utilização do FMC, em condições adversas. (<https://industrial.phaseone.com/PhaseOne-FMC>)

Até a quarta geração dos “Sensor Heads” da ADS, os SH40, 50, 80 e 90, não existia o TDI ou FMC, era necessário um maior controle do tempo de integração da imagem bem como da velocidade da aeronave para obter imagens sem arrastamento. Embora já na versão 40 a Leica cogitava ter o FMC disponível no sensor linear, somente foi possível após muita pesquisa e desenvolvimento introduzir isso na quinta geração do sensor – no SH100 e no SH120, trazendo também maior qualidade e flexibilidade na utilização do sensor.

O TDI (Time Delay Integration) é um recurso conhecido e disponível em alguns sensores de quadro, como é o funcionamento do TDI no sensor linear ADS100?

O funcionamento do TDI no Sensor ADS100 é análogo ao TDI dos sensores matriciais – quadro ou frame. Cada CCD linear da ADS100 é na verdade um sensor matricial com 20.064 pixels perpendicular à linha de voo e 15 pixels paralelos à linha de voo, sendo essas 14 linhas de pixels adicionais as responsáveis pela correção do arrastamento da imagem, quando acionados. A figura abaixo mostra o princípio de funcionamento, em quatro ciclos, do TDI no sensor ADS100.



Alguns usuários estão mais familiarizados com o sensor de quadro do que o linear. Qual seria a resolução equivalente em megapixels do sensor ADS100?

Um megapixel designa o valor equivalente a um milhão de pixels. Essa expressão é utilizada nos sensores de frame e para indicar a quantidade de pixels que é coletada em cada exposição fotográfica. No sensor do tipo pushbroom não existe obturador e o imageamento é contínuo, ele só é interrompido com a finalização da faixa de voo ou um intervalo de tempo, por conta do sistema inercial, limitado em 15 minutos de voo. Portanto cada faixa de voo ADS100 é, de fato, uma única imagem. Se, por hipótese, imaginarmos um recobrimento com GSD de 10cm numa faixa de extensão de 10km, teríamos um quadro de 20.000 pixels perpendicular à linha de voo por 100.000 (10.000m / 0,10m) pixels paralelos à linha de voo. Portanto essa imagem teria 2 mil megapixels, ou 2 “Gigapixels”. A ESTEIO já produziu, com o sensor linear, faixas de extensão superior a 70km, e nesse caso teríamos uma resolução sete vezes maior, acrescentado ainda o fato de que essa resolução existe para cada uma das bandas espectrais coletadas. Não se esqueça que a definição da qualidade da imagem depende também de vários outros fatores já citados anteriormente.

Essa pergunta poderia ser também respondida ainda de uma outra forma. A maioria dos sensores de quadro tem dimensões na proporção três por quatro. Assim com a primeira dimensão sendo de 20.000 pixels, a segunda seria de 26.666 pixels, e dessa forma a resolução equivalente seria de 533 megapixels. Lembrando ainda que o sensor Leica ADS100 coleta de forma simultânea três imagens: anterior, nadiral e posterior nas bandas RGBNIR.

O que muda nas etapas seguintes ao voo, principalmente apoio e aerotriangulação, com o uso de um sensor linear como o Leica ADS100 da Esteio?

**Do sensor ADS40/50 para o ADS80/90 pouco mudou – a maior mudança tecnológica foi no ganho de qualidade radiométrica, pois ambos os sensores fazem a varredura com a mesma quantidade de pixels. Já com a utilização do sensor Leica ADS100, existe um aumento de 12.000 para 20.000 pixels na largura da imagem, e isso permite redução no número de pontos de apoio ou de controle, pois como é sabido, com o uso de um sensor linear basta apoiar as extremidades das faixas e, em se tratando de blocos de aerotriangulação, também não é necessário ter pontos de controle em todas as faixas. De um modo geral, quanto menor for o número de imagens de um mapeamento, menor será o número de pontos de controle necessários para garantir a mesma qualidade geométrica. Essa relação é quase uma regra geral e é também percebida quando se utilizam sensores de frame, como por exemplo os de grande, médio e pequeno formato. Há um ganho significativo na aerotriangulação que será mais rápida pela grande redução do número pontos de controle e de imagens.**

**Um segundo fator que propicia ganho qualitativo é a condição de que cada linha de pixel, transversal à linha de voo, possui coordenadas precisas do centro perspectivo determinadas pelo Sistema Inercial e GNSS. Com isto há uma superabundância de informação posicional do sensor que resulta na alta rigidez geométrica da imagem captada, por exemplo: em um voo com GSD de 10 cm, haverá a cada 10 cm coordenadas precisas do centro perspectivo obtidas durante a operação da cobertura aérea. Com a utilização de sensores de frame, essas coordenadas, do centro perspectivo, só são obtidas a cada frame ou exposição, intervaladas por uma base aérea que pode ser de centenas de metros de acordo com a altura de voo, ângulo de abertura da lente (FoV), recobrimento longitudinal e deslocamento da aeronave.**

**O terceiro fator relevante para a superior qualidade da aerotriangulação efetuada com imagens da ADS100, é a maior qualidade geométrica e radiométrica da imagem, que é o resultado da combinação de diversos recursos tecnológicos, entre eles: a lente única e telecêntrica, o reduzido tempo de integração da imagem, a utilização dos filtros Tetrachroids, o TDI (a versão digital do FMC), a Plataforma giro-estabilizadora PAV100HP entre outros. Com essa maior qualidade da imagem e sua geometria diferenciada, o processo de leitura automática de pontos de correlação (APM) fica muito preciso, densificando e qualificando ainda mais os pontos correlatos que ligam faixas (e visadas) no processo de ajuste de Aerotriangulação.**

**Nas etapas subsequentes à aerotriangulação, como a captação fotogramétrica ou a ortoretificação, existe também um ganho significativo de produtividade devido à qualidade da imagem, grande redução do número faixas e de imagens, pois com o imageamento contínuo não existem modelos entrecortados longitudinalmente.**