



Leica CountryMapper

O novo sensor híbrido da ESTEIO

Perguntas adicionais

Valther Xavier Aguiar

Em complementação à publicação anterior e à interação com alguns leitores, acrescentamos outras perguntas e respostas sobre o novo sensor aéreo da ESTEIO – o sistema híbrido de grande formato Leica CountryMapper.

As respostas aos questionamentos anteriores pareceram muito técnicas e por vezes de difícil entendimento. O que realmente preciso saber sobre o CountryMapper?

A ideia foi fazer um texto técnico, conceitual, e ao mesmo tempo informativo e comercial. É natural que, para alguns, o conteúdo tenha parecido muito técnico, embora para outros possa ter soado básico e elementar. O que se deve levar em conta é que a ESTEIO, ao incorporar um sensor desse porte e nível tecnológico, tem o dever de conhecer profundamente seu funcionamento, sua geometria e, principalmente, a melhor forma de utilizar o CountryMapper. O aspecto geométrico e a concepção da imagem de grande formato são, de fato, os pontos de compreensão mais difícil. Porém, um sensor híbrido construído por suíços, com mais de 100 anos de experiência, e utilizando o que há de mais tecnológico nessa área é certamente um equipamento complexo, preciso, produtivo e de alto custo. Resumidamente, o que se deve fixar é que se trata de um sistema híbrido de grande formato com uma câmara aérea multiespectral de última geração, que coleta imagens de 423 megapixels – um quadro de 31.520×13.440 pixels, funcionando simultaneamente com um sensor laser de 2MHz – dois milhões de pontos tridimensionais levantados a cada segundo. O sistema híbrido é bem mais que dois sensores trabalhando juntos, é uma sincronização temporal de geometria e processamento únicos, com inúmeras vantagens técnicas em relação aos sensores não híbridos.

Se estamos numa transição entre geração de sensores, não seria melhor investir em um sensor da nova geração?

Em teoria, sim, porém na prática não, pois os fabricantes anunciam seus equipamentos bem antes de tê-los disponíveis para a venda. O CountryMapper é o mais recente sensor da Leica em operação efetiva. Foram anunciados dois novos sensores para venda nos próximos meses: o MultiMapper e o CityMapper3. É bem provável que demore ainda a ser lançada uma eventual próxima versão do CountryMapper. Além disso, lançamentos costumam ter preços mais elevados. Nem sempre é possível aguardar um novo lançamento por conta da necessidade e oportunidade. Resguardando a gigantesca proporção, é semelhante à compra de um novo telefone celular: às vezes precisamos realizar a compra mesmo sabendo que em pouco tempo será lançado um aparelho com novos recursos, entretanto a versão atual já é bem conhecida e os problemas e impactos do lançamento já foram todos superados. O CountryMapper é um sistema maduro, testado e completamente operacional.

Quanto custa o sensor Leica CountryMapper?

O valor depende muito da configuração adquirida, incluindo plataforma giro-estabilizadora, unidades de memória, receptor GNSS base, *softwares*, etc. Como referência, trata-se de um investimento acima de 1,3 milhão de francos suíços.

Se o CountryMapper não usa o *pan-sharpening*, como são obtidas as bandas espectrais?

Desde a origem dos primeiros sensores de frame usou-se o *pan-sharpening*, que consiste em coletar o quadro resultante da imagem na banda pancromática, para posteriormente atribuir a informação da cor proveniente de imagens de menor resolução coletadas nas demais bandas espectrais, técnica também muito utilizada em imagens de satélite (ver figura abaixo). Com o uso mais recente de sensores imageadores RGB, a imagem

resultante é coletada por esses sensores, que usam o filtro, ou matriz de Bayer RGG – na qual a cada quatro pixels um é vermelho, dois verdes e um azul, e, cada um desses pixels recebe a informação R, G e B pelo algoritmo *debayering*, seja ele bilinear, bicúbico, gradiente, por correlação ou outro tipo. E somente recebe a informação da banda infravermelha por interpolação, vindo de outro sensor de imagem, geralmente com menor resolução. A relação PAN:RGBN nos primeiros sistemas de imagens digitais era maior que nos atuais, onde a relação RGB:NIR é bem melhor. Um ótimo exemplo a ser citado é a evolução da câmara DMC, que na sua terceira versão, a DMC3, tinha relação PAN:RGBN de 1:3, e hoje a relação RGB:NIR da DMC4 é de somente 1:1,6. Exemplificando, na DMC3, se a banda pancromática fosse coletada com 10 cm, as bandas espectrais R, G, B e NIR seriam coletadas com 30 cm; hoje no CountryMapper-S, ao coletar a imagem RGB com 10 cm, coleta-se a infravermelha com 16 cm. Por conta da evolução geral e principalmente dos sensores imageadores, há hoje uma melhor radiometria nos sensores de frame. Resumidamente, os sensores que usam o *pan-sharpening* extraem a informação R, G, B e NIR de outros sensores com imagens de menor resolução. Já no CountryMapper, somente a banda NIR é que vem de outro sensor de menor resolução, sendo que as bandas R, G e B são nativas, vêm do próprio sensor RGB de matriz de Bayer. Os quatro principais fabricantes do mercado já possuem câmaras aéreas com essa nova forma de obtenção das bandas espectrais, seja a suíça Leica, a alemã IGI, a dinamarquesa PhaseOne ou mesmo a austríaca Vexcel.



Figura adaptada de Space Imaging, Inc.

A imagem final gerada pelo CountryMapper é formada por três imagens com perspectivas distintas. Como ficam as deformações perspectivas na imagem final ou de composição?

A pergunta vai direto à essência do conceito geométrico da DMC4 e do CountryMapper. Nesses sistemas, a imagem final, denominada imagem de composição, é formada com base em três imagens com perspectivas distintas (três câmaras), cada qual com seu respectivo centro perspectivo. A imagem resultante é sintética, construída geometricamente para representar uma única projeção central, garantindo altíssima consistência geométrica local e de plena utilização fotogramétrica. Essa mudança ocorreu na transição da versão 3 para a versão 4 da DMC, pois na Leica DMC3 a imagem final era oriunda de um sensor imageador pancromático único, monobloco, uma “pizza” CMOS de 375 megapixels, com perspectiva central única, mas com a evolução para a DMC4 ou para o CountryMapper, a imagem de composição, de 423 megapixels, passou a ser formada com base em três sensores de imagem RGB de aproximadamente 150 megapixels cada.

Como foi citado anteriormente, sensores lineares, como o ADS100 ou 120, somente são comercializados pela Leica. E o que dizer sobre o *software* de processamento?

A imagem oriunda do sensor de quadro tem perspectiva central, e a do sensor linear, ou *pushbroom*, tem perspectiva paralela, caso tenha interesse a ESTEIO tem vários artigos publicados sobre estes sensores. Embora a ADS tenha geometria e forma de construção da imagem bem diferente daquela dos demais sensores, o produto final, como as ortofotos, ou semi-true ortofotos, apresentam características métricas e cartográficas equivalentes às obtidas por sensores de quadro. No passado, os grandes diferenciais das imagens oriundas de sensores lineares eram a maior produtividade, velocidade de processamento, menor mosaicagem e a espetacular qualidade radiométrica. Hoje, com a grande evolução dos sensores de *frame* e a menor evolução dos sensores lineares, algumas dessas vantagens foram atenuadas, permanecendo a excepcional qualidade radiométrica e geométrica, que ainda superam diversos outros sensores em operação no mercado. Atualmente, existem vários *softwares* que processam os dados da ADS100/120, entre eles as soluções proprietárias Leica XPro e HxMap, além do Inpho, ERDAS IMAGINE, SOCET GPX e PCI Geomatics. Merece destaque também o ADSProcSuite, um *software* nacional desenvolvido recentemente no Centro de Pesquisas Aplicadas em Geoinformação, vinculado à Universidade Federal do Paraná, sob coordenação do Prof. Leonardo Ercolin Filho, voltado ao processamento específico de dados provenientes de sensores lineares.

O que muda no processamento dos dados oriundos do CountryMapper?

Com a introdução de um novo sensor, os *softwares* passam por atualizações, sendo aprimorados e com inclusão de novas rotinas, para poder processar dados oriundos desse novo sensor. Com o *software* Leica HxMap não é diferente, está em constante desenvolvimento e evolução. A última versão incorporou inúmeros recursos visando a melhor performance e resultados, assim como novas funções. Inúmeros outros *softwares* também processam esses dados, pois imagens de frame são de uso tradicional na fotogrametria.

Quais as principais diferenças entre os dois sensores laser que a Esteio tem atualmente?

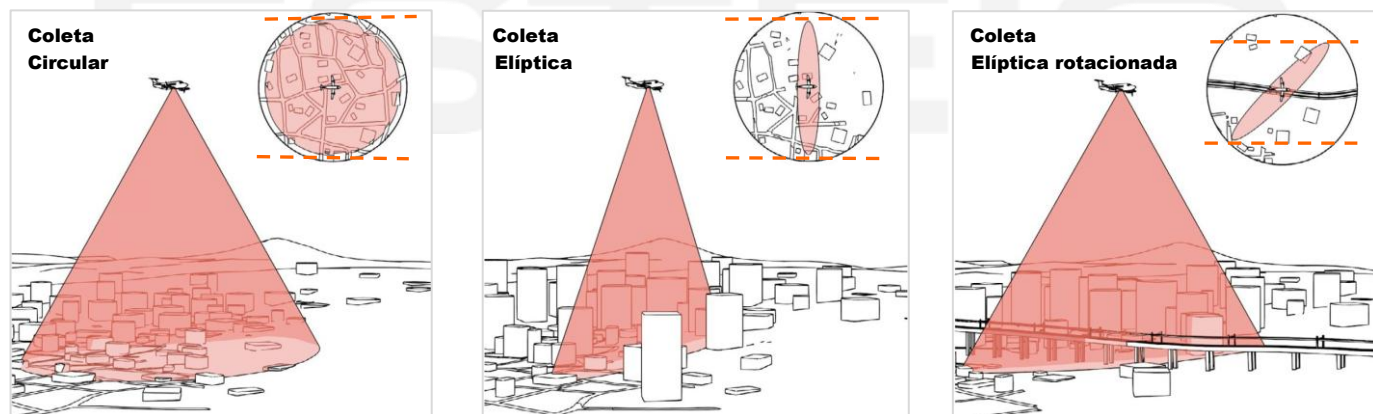
No CityMapper, a versão do sensor laser que operamos é o Hyperion2+, no CountryMapper o Hyperion3. Como são o penúltimo e o último modelos lançados, as diferenças são poucas, mas importantes: divergência de pulso de 0,23 mrad e 0,17 mrad; coleta circular e coleta circular, elíptica e elíptica rotacionável; altura de operação de 5.500 m e 6.000 m; velocidade de escaneamento de 60 a 150 Hz e de 33 a 166 Hz; ângulo de abertura (FoV) de 20° a 40° e de 10° a 60° respectivamente; entre outras diferenças de menor relevância. Todas essas melhorias no sensor Hyperion3 trazem maior capacidade de penetração do pulso, maior precisão planimétrica e maior flexibilidade e versatilidade operacional, quando comparados com a versão 2+.

O que significa divergência de pulso laser? E por que uma divergência menor é melhor?

A divergência do pulso laser nada mais é que o ângulo de abertura do feixe laser, 0,17 mrad (milirradianos) é o equivalente a 0,00974 graus. A unidade mrad é muito utilizada no meio militar, balística, astronomia e etc., por ser de fácil memorização. Ou seja, em um voo a 1.000 metros de altura, o *footprint*, ou o diâmetro do feixe laser no solo, é de aproximadamente 17 cm ou 0,17 m. Quanto menor esse diâmetro, maior é a capacidade de penetração do sinal, e melhor também será o retorno desse sinal laser. Um feixe mais fechado distribui a energia em uma área menor do solo, consequentemente aumentando a intensidade do retorno. No primeiro sensor LiDAR operado pela ESTEIO em 2001, a divergência de pulso era de 0,30 mrad, com 25 anos de evolução chegou-se a 0,17 mrad, com isso tem-se uma melhor definição de bordas, telhados, fios e copas de árvores nos levantamentos laser. No CountryMapper, com o Hyperion3, além da menor divergência de pulso há a possibilidade do registro de até 15 retornos desse mesmo pulso laser, e assim pode-se representar muito bem tudo aquilo que está entre o primeiro retorno, considerado a superfície e o último retorno, considerado o terreno. No caso de uma torre de transmissão, por exemplo, é possível visualizar toda sua silhueta com bastante precisão, e o mesmo ocorre com a vegetação e outras feições.

Qual a recomendação de onde empregar a coleta circular, elíptica ou elíptica rotacionada?

Os primeiros sensores laser que surgiram no mercado tinham o padrão, de distribuição dos pontos, dente de serra ou o senoidal, depois surgiram os prismáticos com distribuição mais regular, e mais recentemente foi introduzida a coleta no padrão circular e, por último o padrão elíptico. Com a coleta circular tem-se todos os pulsos incidindo no terreno com o mesmo ângulo, o que resulta em precisão mais homogênea. Entretanto, a distribuição dos pontos é muito diferente daquela a que o mercado estava acostumado. Por causa disso, e também da evolução tecnológica, surgiu a coleta elíptica para assim deixar a distribuição semelhante à do padrão senoidal ou mesmo com o padrão dente de serra, em que na parte central da faixa há incidência mais verticalizada do pulso. O padrão de coleta elíptico rotacionado é uma forma de diminuir a largura da faixa, mantendo a verticalidade dos pulsos na porção central e, consequentemente, aumentando a densidade dos pontos no terreno. As recomendações de uso são: a coleta circular é a recomendação padrão ou *default*; a



coleta elíptica pode ser recomendada para levantamento de corredores; e, na construção de modelos tridimensionais de regiões muito verticalizadas ou cânions urbanos, pode ser recomendada a coleta elíptica rotacionada, aumentando-se a densidade de pontos, permitindo uma melhor penetração do pulso laser e representação da superfície. Uma melhor análise da área de interesse por um especialista pode indicar o uso de um ou outro padrão de coleta, ou mesmo maior recobrimento lateral entre as faixas, em função da vegetação, relevo, verticalização das edificações, finalidade do levantamento, etc.

Foi citado que o novo sensor Sony CMOS BSI com resolução de 247 megapixels é de médio formato. O que define o médio e o grande formato?

Esse é um conceito dinâmico. Quando a Esteio adquiriu o seu primeiro ADS100 também escrevemos a respeito. Algumas mudanças ocorreram desde então: tínhamos o maior sensor imageador de médio formato, com cerca de 100 megapixels, e agora esse valor chega a quase 250 megapixels; os sensores com matriz de Bayer eram exclusivos dos sistemas de médio formato, e hoje eles já fazem parte de muitos dos de grande formato; naquela época tínhamos somente o FMC e o TDI como formas de compensar o arrastamento da imagem, hoje temos, além desses, o AMC e o BCT, já comentados anteriormente. Mas a essência se mantém, os sensores imageadores de médio formato, ou a "pizza" de CMOS, tem dimensões de aproximadamente 6 cm x 6 cm, que era o tamanho do quadro dos sensores de médio formato analógicos – daí a origem do nome. Então, se forem utilizados dois ou mais desses sensores de médio formato para a geração de uma maior imagem final resultante, já deveria ser classificado como sistema de grande formato. Porém, o sistema deve também possuir alguns recursos adicionais como: imagens com bandas espectrais distintas, ou sejam R, G, B e NIR; plataforma giro-estabilizadora; sistema inercial; e dispositivo ou recurso para compensação do arrastamento da imagem. Um outro conceito que pode ser utilizado é o que foi citado pelo prof. Dr. Michael Cramer, do Instituto de Fotogrametria e Geoinformática da Universidade de Stuttgart: nos dias atuais uma câmara aerofotogramétrica que forneça imagens com cerca de 400 megapixels deve ser considerada de grande formato, pois possui resolução comparável a uma imagem obtida com as últimas câmaras aéreas baseadas em filme, no formato 23 x 23 cm, e posteriormente digitalizada ou escanizada com pixel de 25 micra. Entretanto, não existe uma definição clara do limite entre o médio e o grande formato, por isso, em uma especificação ou contratação devem ser descritas exatamente quais as características geométricas, radiométricas, de performance e recursos adicionais necessários do sistema ou sensor a ser utilizado.

Imagens de grande formato, como as do CountryMapper, exigem maior espaço de memória no sensor e também para armazenamento?

Sim e não! Para o cliente final, que vai receber e armazenar a ortofoto ou outro produto nada muda, cada folha do mapeamento terá o mesmo tamanho de arquivo, somente com melhor qualidade se comparada à maioria dos sensores de menor formato. Para a empresa executora, sim, muda, pois o CountryMapper tem duas unidades de memória Mass Memory, com cerca 15 TB cada uma. Para processar esse grande volume de dados coletados, principalmente pelo tamanho de cada imagem, precisamos estar constantemente melhorando nossa capacidade de processamento, ou seja, cada sensor com maior capacidade de coleta, exige que se invista também em capacidade de processamento, que geralmente vem acompanhado com *softwares* também mais eficientes, como é o caso do Leica HxMap e suas constantes atualizações e evoluções.

Como é a instalação do sensor na aeronave? É fácil mudar de uma aeronave para outra?

As aeronaves destinadas ao aerolevanteamento têm uma abertura ou furo no assoalho. Sobre esse furo é fixada uma chapa de alumínio naval com as furações para receber e fixar a plataforma giro-estabilizadora, no caso do CountryMapper a PAV200, que recebe a “cabeça” do sensor propriamente dita, que tem ainda de ser conectada aos periféricos, como fonte de energia, unidade de memória, de controle do operador e do piloto. O sistema CountryMapper todo pesa cerca de 110 kg, e é necessário algo entre uma e duas horas para a sua completa instalação. A imagem ao lado mostra o sensor em operação pela primeira vez a bordo do nosso Sêneca. A aeronave precisa estar homologada e devidamente preparada



para receber o sensor. Entretanto, como os sensores Leica são modulares e semelhantes entre si, pouca ou até mesmo nenhuma adaptação precisa ser feita para receberem equipamentos da mesma família. Então, é relativamente fácil intercambiar os sensores entre nossas aeronaves. Hoje, as aeronaves que a ESTEIO opera estão assim preparadas: Piper Navajo pode receber todos os nossos 4 sensores, dois ADS, o CityMapper e o CountryMapper; Embraer Sêneca pode receber ADS e CountryMapper; e o Vulcan Air P68 pode receber os sensores Leica ADS100 ou 120. Como cada sensor híbrido tem dois sensores internos, nossa capacidade de quatro sensores – dois híbridos e dois não híbridos, é a equivalente a seis sensores. Essa é outra grande vantagem de incorporar sensores híbridos na empresa: o uso mais racional das aeronaves.

Qual é a vida útil das câmaras digitais ou sensores laser? É menor que as versões analógicas?

As câmaras analógicas tinham vida útil muito longa! Várias delas foram usadas por mais de 40 anos, algumas somente deixaram de ser utilizadas quando os filmes aéreos deixaram de ser vendidos pelos poucos fabricantes que existiam. Sensores laser não existiam na fase analógica. A ESTEIO, como tem quase seis décadas de existência e vivenciou diversas dessas transições, pode dizer com segurança, que um sistema digital seja ele de imagem, ou laser, dificilmente tem vida útil maior que 15 anos, mesmo custando bem mais caro que suas equivalentes versões analógicas. Os fabricantes têm uma política de dar manutenção aos seus sensores por até cinco ou dez anos desde o fim das vendas, depois disso por algum tempo ainda se consegue manutenção com outras alternativas ou até com a canibalização de sensores iguais já sem utilização, até que fica inviável a sua manutenção ou utilização, isso se o sensor não ficar obsoleto pela tecnologia ou pela perda de produtividade bem antes disso. A ESTEIO utilizou o sensor Leica ADS40/52 por cerca de 13 anos, e depois vieram os dois ADS100. Já vivenciamos diversas dessas situações na empresa, não só com sensores aéreos, mas também com equipamentos topográficos, geodésicos e fotogramétricos.

O sensor híbrido vai permitir redução do custo final do produto do aerolevantamento?

De uma maneira geral, sim. Com o uso de um sistema híbrido pode-se realizar a operação aérea de forma mais rápida, inclusive consumindo menos combustível e consequentemente gerando economia. Um aspecto muito relevante é que sensores híbridos permitem respostas bem mais rápidas em situações de desastres ou acidentes naturais e ecológicos. Novas aplicações também surgem, a ESTEIO, por exemplo, está envolvida em conjunto com a Hexagon/Leica e R-evolution em um projeto usando o sistema híbrido CityMapper, para quantificação de carbono verde e azul, visando a recuperação ecológica em diversas minas brasileiras, uma aplicação nobre e específica para o georreferenciamento híbrido. Com o emprego de sensores híbridos, o cliente pode optar por um trabalho de menor custo ou, se preferir, pode ter melhor qualidade, resolução da imagem e maior densidade de pontos pelo mesmo preço. Outro aspecto relevante é a redução da emissão de poluentes com o menor tempo de utilização de aeronaves, ou seja, o uso de sistemas híbridos é também ecologicamente recomendável. Em alguns países, como no Japão, a busca de alternativas mais ecológicas é uma preocupação, não só das empresas executantes, mas também dos contratantes. Assim, menor quantidade de aeronaves com sensores híbridos cada vez mais produtivos e versáteis deve ser a tendência mundial para os próximos anos.

Os sensores para uso com drones vêm evoluindo constantemente. Isso ameaça a aerofotogrametria com aeronaves tripuladas?

A aerofotogrametria de grande formato por um bom tempo ainda será exclusividade de aeronaves tripuladas, acredito que por diversas razões, sendo as principais relacionadas à produtividade, ao tamanho e peso dos sensores, à baixa autonomia ainda dos drones, e principalmente porque as maiores evoluções acontecem primeiramente nos maiores sensores. Hoje, a aerofotogrametria de pequeno formato já é dominada completamente pelos



drones, ultimamente vêm sendo introduzidos alguns sensores de médio formato, e quem sabe em um futuro distante, o grande formato migre também para aeronaves remotamente pilotadas. O sistema CountryMapper pesa mais de 100 kg e não faz sentido algum transportá-lo com drone, até porque não foi projetado para isso. Cada sensor e plataforma tem sua finalidade, assim como sua área de abrangência. A Leica fabrica e comercializa sensores para diversas plataformas, entre elas drones, veículos, helicópteros e aeronaves tripuladas. Em janeiro de 2026, numa apresentação sobre o sensor MultiMapper proferida pelo Eng. Werner Kirchhofer, vice-presidente da Leica Geosystems e diretor técnico do programa de conteúdo da Hexagon, foi mostrada a figura acima, evidenciando a visão da Leica sobre onde cada um dos seus sensores pode ser empregado. Observe que: para áreas até 10 km² e resolução entre 1 e 3 cm, a sugestão é o emprego de topografia, drone ou mapeamento móvel terrestre; para áreas entre 10 km² e 100 km² a sugestão vai para o emprego do novo sensor MultiMapper desenvolvido para uso com helicópteros ou aeronaves menores; em áreas entre 100 km² e 1.000 km² a recomendação da Leica vai para o CityMapper2 com aeronaves de maior porte; e para áreas acima de 1.000 km² a recomendação seria o CountryMapper. Obviamente são recomendações gerais, que podem mudar em função de diversos outros parâmetros, como localização, dimensões, finalidade, características da área e do levantamento, e etc. Existe também uma área de superposição dessas recomendações, em geral os maiores sensores podem também ser empregados para os levantamentos em que a recomendação seja um sensor de menor porte, como é o caso do CountryMapper que pode gerar imagens com resolução de 2 cm, cobrindo quase todos os intervalos.

Quais são os primeiros mapeamentos nos quais o CountryMapper será ou já foi empregado?

Esse sensor híbrido foi utilizado, primeiramente, no programa de conteúdo da Hexagon, o HxGN Content Program, um grande programa de mapeamento para diversos países da América do Norte e Europa. Só nos EUA essa atualização foi de aproximadamente 3 milhões e 2 milhões de quilômetros quadrados nos anos de 2024 e 2025, respectivamente. Trata-se de mapeamento em

alta definição com ortofotos multiespectrais, nuvem de pontos tridimensionais e imagens estereofotogramétricas. Em áreas urbanas, já foi utilizado em Paris, na França, e Seul, na Coreia do Sul, nessa com imagens com GSD de 8 cm e densidade laser de 30 pts/m². Aqui no Brasil, por enquanto está prevista a utilização do nosso sensor Leica CountryMapper-S no mapeamento estadual de São Paulo, do Paraná e do Rio Grande do Sul. E esperamos também utilizá-lo para mapeamento urbano brevemente.

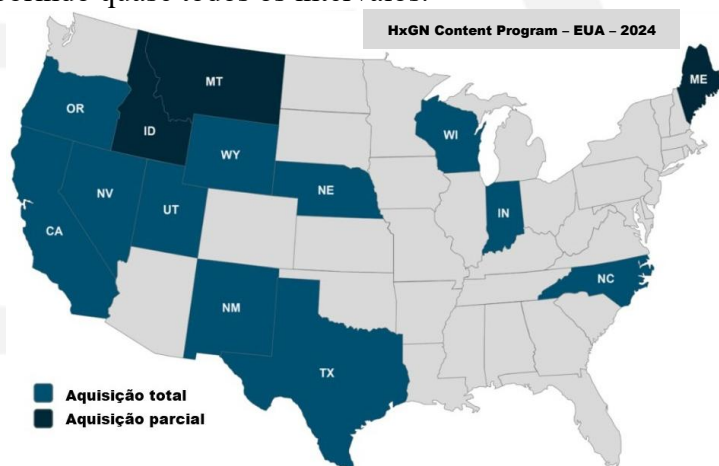
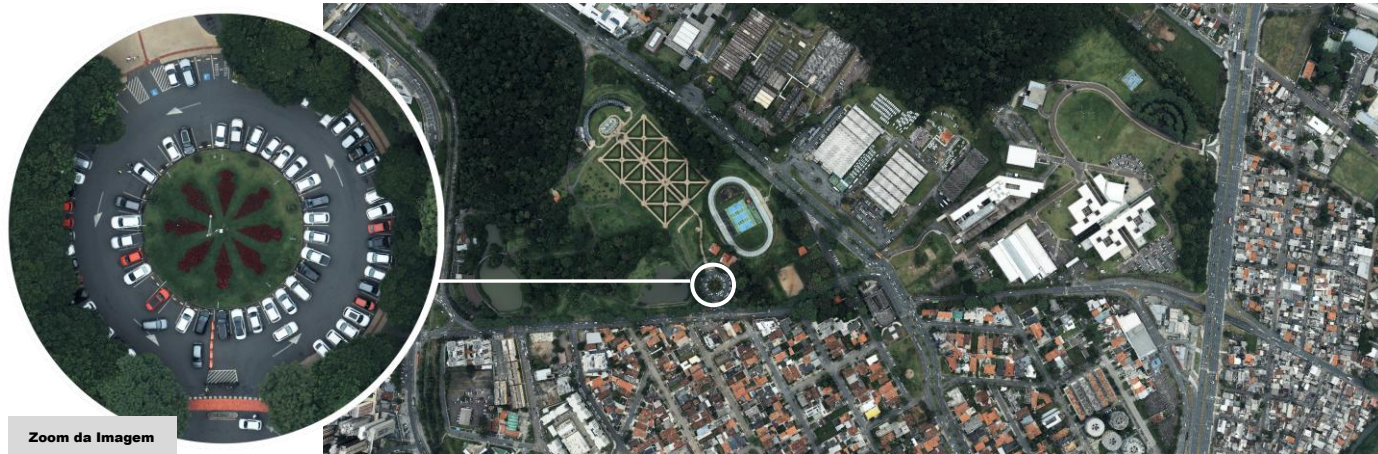


Imagem de composição RGB coletada no primeiro voo do CountryMapper ESTEIO – 31.520 x 13.440 pixels – GSD 4,5cm – Curitiba – 29/01/26



Valther Xavier Aguiar é engenheiro cartógrafo, diretor técnico da ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A. e presidente da ANEA – Associação Nacional de Empresas de Aerolevantamento. valther@esteio.com.br, www.esteio.com.br. Fevereiro/26.

A redação deste texto não teria sido possível sem consultas e discussões com alguns dos entendidos no assunto, entre eles os engenheiros Klaus Neumann e William Kim da Hexagon/Leica da Suíça e Chile, respectivamente.