



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO



REFERÊNCIA TÉCNICA

CONTRATO: 001/2012

PROCESSO Nº 54137624/2011

EDITAL CONCORRÊNCIA Nº 002/2011

CONTRATANTE: INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E
RECURSOS HÍDRICOS – IEMA

OBJETO: Contratação de empresa especializada em Engenharia Cartográfica para a realização dos serviços de Levantamento Aerofotogramétrico, Apoio de Campo, Aerotriangulação, Restituição da Hidrografia, geração do Modelo Digital de Elevação, geração do Modelo Digital de Terreno, Restituição da Altimetria, elaboração Ortofotomosaicos e Mapeamento da Cobertura Vegetal Nativa e do Uso das Terras, em escala igual, ou melhor, a 1/25.000, do Estado do Espírito Santo.

INTRODUÇÃO

Esta referência técnica tem como finalidade apresentar a referência técnica das atividades realizadas no projeto/contrato nº 001/2012, a fim de atender plenamente os requisitos do Termo de Referência (TR) integrante da concorrência nº 002/2011 e processo nº 54137624/2011, referentes à Contratação de empresa especializada em Engenharia Cartográfica para a realização dos serviços de Levantamento Aerofotogramétrico, Apoio de Campo, Aerotriangulação, Restituição da Hidrografia, geração do Modelo Digital de Elevação, geração do Modelo Digital de Terreno, Restituição da Altimetria, elaboração de Ortofotomosaicos e Mapeamento da Cobertura Vegetal Nativa e do Uso das Terras, em escala de 1:25.000.

RELAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

- Realização de levantamento aerofotogramétrico, cobrindo todo o território do Estado do Espírito Santo, conforme plano de voo elaborado pela HIPARC, utilizando câmaras digitais e demais equipamentos apropriados para tal finalidade;
- Realização do apoio de campo terrestre visando à obtenção de pontos a serem utilizados na aerotriangulação, quer seja no processo, ou controle de qualidade, utilizando receptores geodésicos apropriados para tal finalidade;
- Aerotriangulação para obtenção/refinamento da orientação exterior de todas as imagens (fotografias aéreas) obtidas a partir do levantamento aerofotogramétrico e consequentemente viabilização dos demais processos de restituição, modelagem de terreno e ortorretificação;
- Mapeamento de toda a hidrografia do Estado do Espírito Santo utilizando processos restituição estereoscópica sobre modelos orientados com o objetivo de extrair, do referido aerolevanteamento, feições específicas como cursos d'água, lagos, lagoas, etc;
- Processamento de Modelo Digital de Elevação e Modelo Digital de Terreno de toda a área de abrangência do projeto para viabilizar os processos de ortorretificação de imagens e extração de hipsometria;
- Restituição e mapeamento da hipsometria do estado a partir do modelo digital de terreno;
- Processamento de Ortofotomosaicos True Color (Espectro visível) e Falsa Cor (Composição colorida com imagem obtida no espectro Infravermelho);
- Realização de mapeamentos da cobertura vegetal nativa e do uso da terra sob as ortofotos resultantes do aerolevanteamento a ser contratado e sob um ortofotomosaico 07/08 produzido pela HIPARC;

Os serviços realizados abrangeram todo o território do Estado, o que corresponde a uma área aproximada de 46.063 km², acrescida de uma faixa de 1 km de largura para além de suas fronteiras (com o Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia) e de todas as suas ilhas costeiras, totalizando aproximadamente 47.500 km².

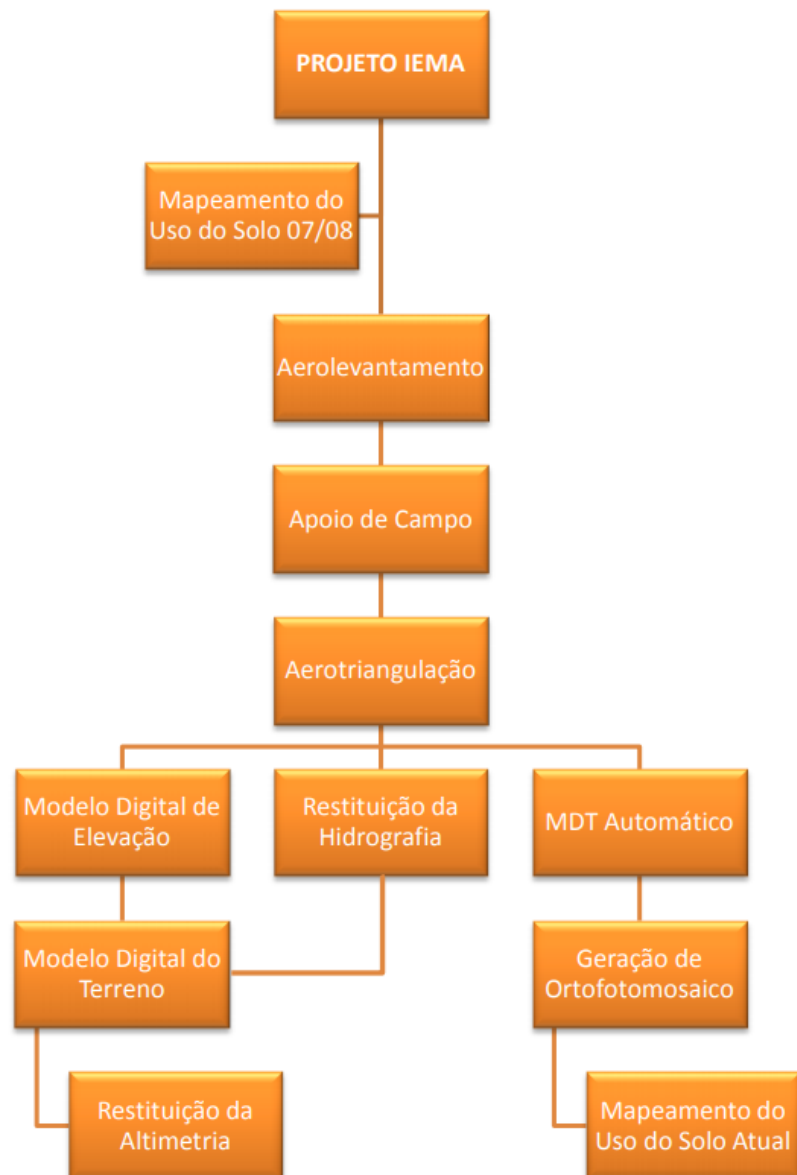
METODOLOGIA TÉCNICA

A seguir apresenta-se a EAP com a relação das atividades desenvolvidas em duas fases:
FASE 01

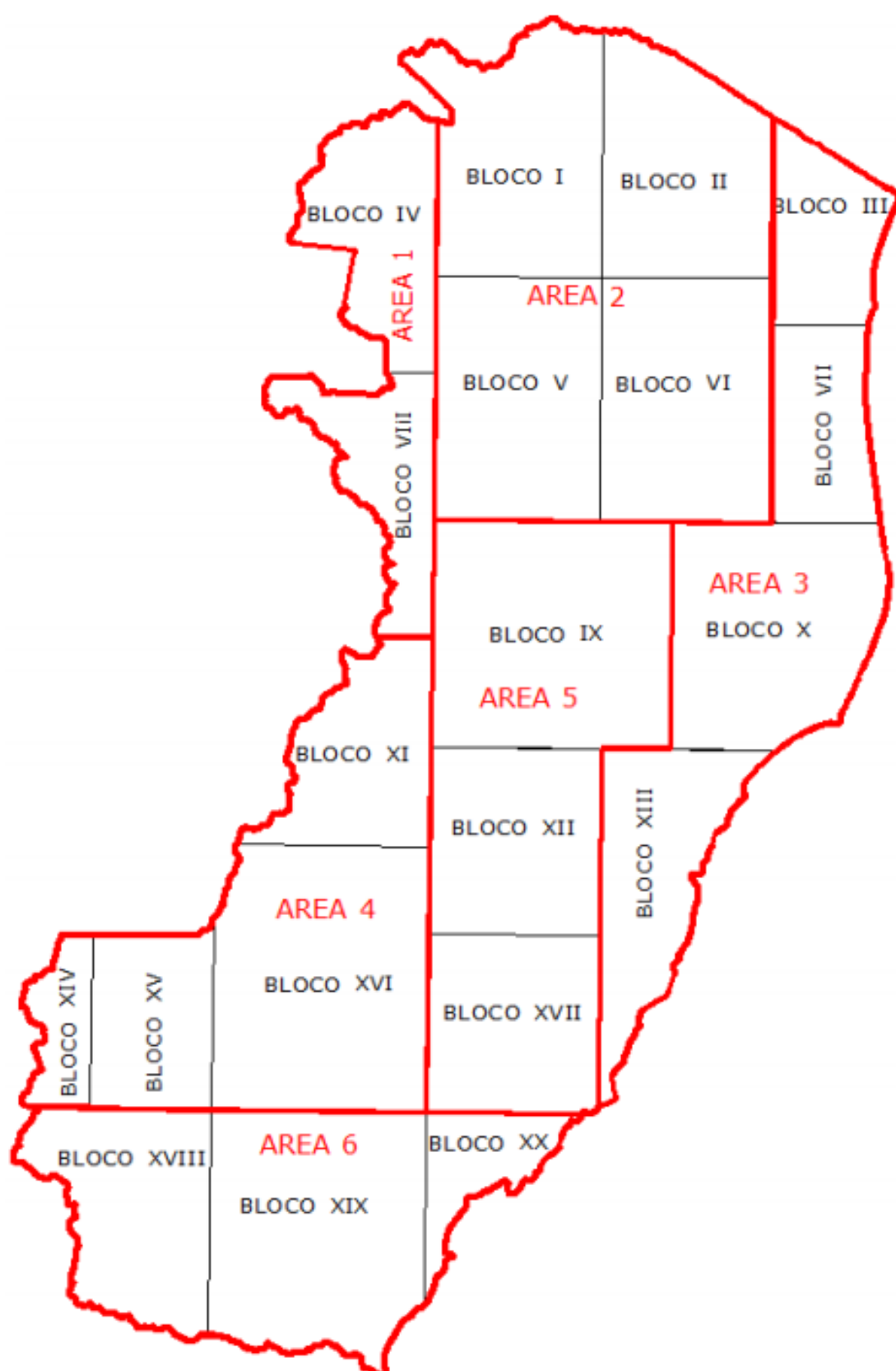
- Levantamento Aerofotogramétrico Multiespectral, resolução espacial (GSD – “Ground Sampling Distance”) 25 cm;

- Apoio de campo;
- Aerotriangulação;
- Mapeamento de Uso e Cobertura das Terras 2007/2008;
- MDE – Modelo Digital de Elevação;
- Ortomosaico Digital com Resolução Espacial de 25 cm/pixel;
- Mapeamento de Uso e Cobertura das Terras 2012-2015;
- Restituição de Hidrografia;
- MDT – Modelo Digital de Terreno;
- Restituição da Altimetria;

Fluxograma das atividades:



Áreas do projeto para fins de macro gerenciamento:



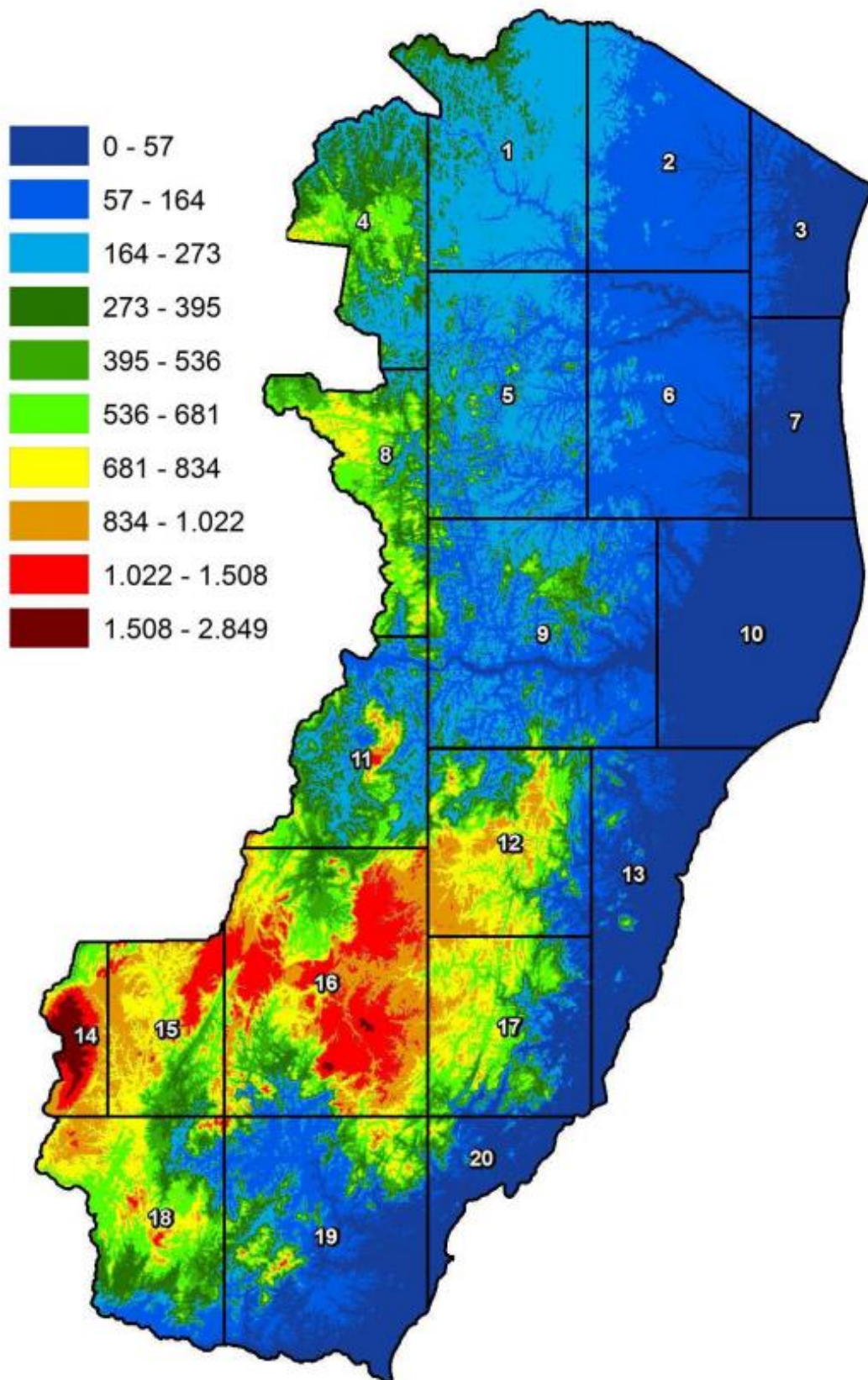
LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO MULTIESPECTRAL

Foram realizados voos com resolução espacial de 0,25 metros (PAN) e 0,55m (RGBI) na área que abrange todo o território do Estado do Espírito Santo, o que corresponde a uma área aproximada de 46.063 km², acrescida de uma faixa de 1 km de largura para além de suas fronteiras (com o Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia) e de todas as suas ilhas costeiras, totalizando aproximadamente 47.500 km².

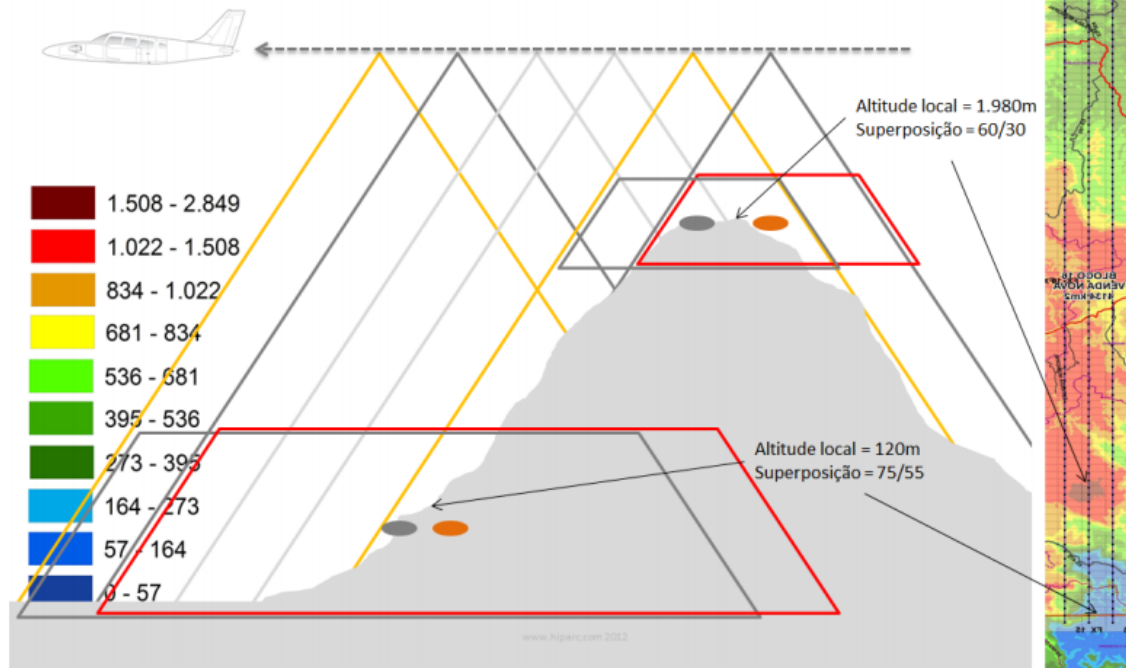
A aeronave foi equipada com câmera digital métrica Microsoft Vexcel UltraCamLp e sistema de registro de atitude e posição do sensor por Inertial Measurement Unit - IMU SPAN-CPT Novatel (inclui DGPS L1/L2 RTK), controlados pelo sistema de gerenciamento de voo FMS EZTracker. A operação de registro apoiado das imagens foi totalmente automatizada.

PLANO DE VOO

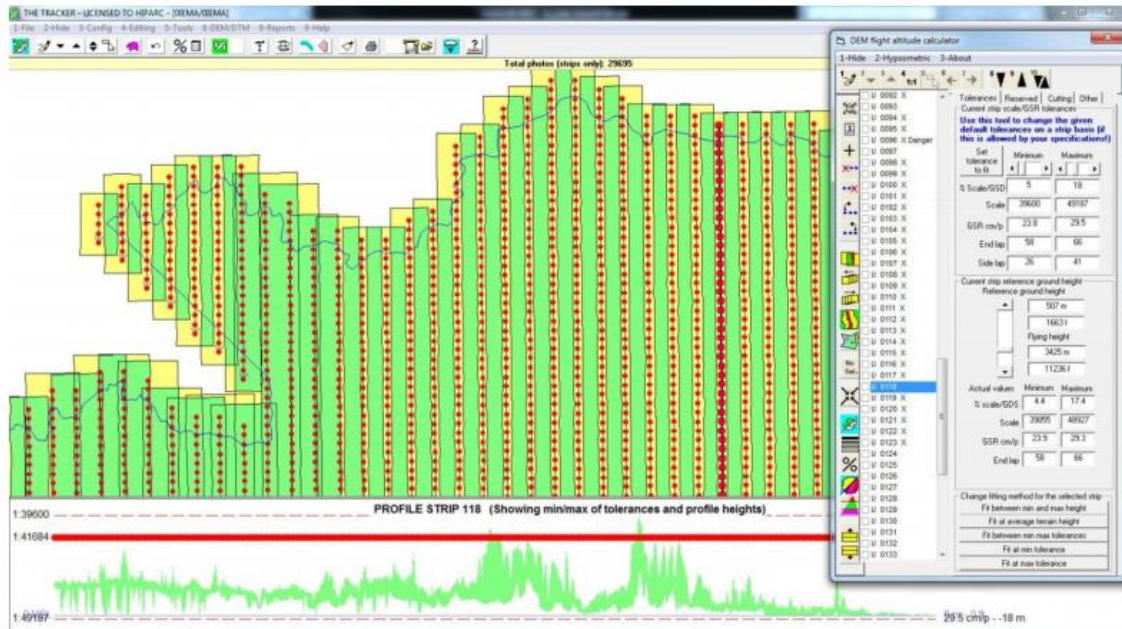
Após a coleta e tratamento das bases cartográficas de referência, tais como limites estaduais e mapa altimétrico, foi realizado um estudo detalhado do planejamento das operações aéreas e elaborados os planos de voo gráfico e analítico, objetivando a perfeita cobertura de toda a área a ser mapeada – seguindo as características e especificações definidas no TR. O plano de voo gráfico visou orientar o posicionamento da aeronave na entrada e saída de cada faixa. O operador do sistema conferiu graficamente a qualidade do voo utilizando as linhas de voo e as coordenadas do IMU/DGPS embarcado na aeronave. Além do plano de voo gráfico elaborou-se o plano de voo analítico, contendo um descritivo numérico dos dados relativos ao projeto aerofotogramétrico como: altura e altitude média de voo, recobrimento lateral (normalmente de 30%) e longitudinal (normalmente 60%). Em regiões montanhosas, a superposição longitudinal das imagens foi, no mínimo, de 60% e superposição lateral entre faixas de voo contíguas de no mínimo 30%. Nessas regiões, a superposição lateral foi calculada de forma a garantir que todos os pontos da área de interesse tivessem cobertura estereoscópica suficiente a partir do cálculo do tempo de exposição entre as fotos, efetuados cálculo da quantidade de fotos em número suficiente para garantir a completa cobertura da área, apresentadas as coordenadas geográficas de entrada e saída das faixas, aeroportos e bases operacionais, bem como, distância focal, velocidade média da aeronave, número do AVOMD, tempo de exposição da câmara, entre outros. O plano de voo foi segmentado em 20 blocos seguindo a similaridade de altitude do terreno, conforme a figura seguinte com os dados de elevação SRTM (Suttle Radar Topography Mission).



SUPERPOSIÇÃO LONGITUDINAL/LATERAL X ALTITUDE LOCAL Bloco 16 Venda Nova do Imigrante



Exemplo das alterações nas superposições longitudinal e lateral em relação ao terreno em áreas montanhosas (HIPARC 2012)



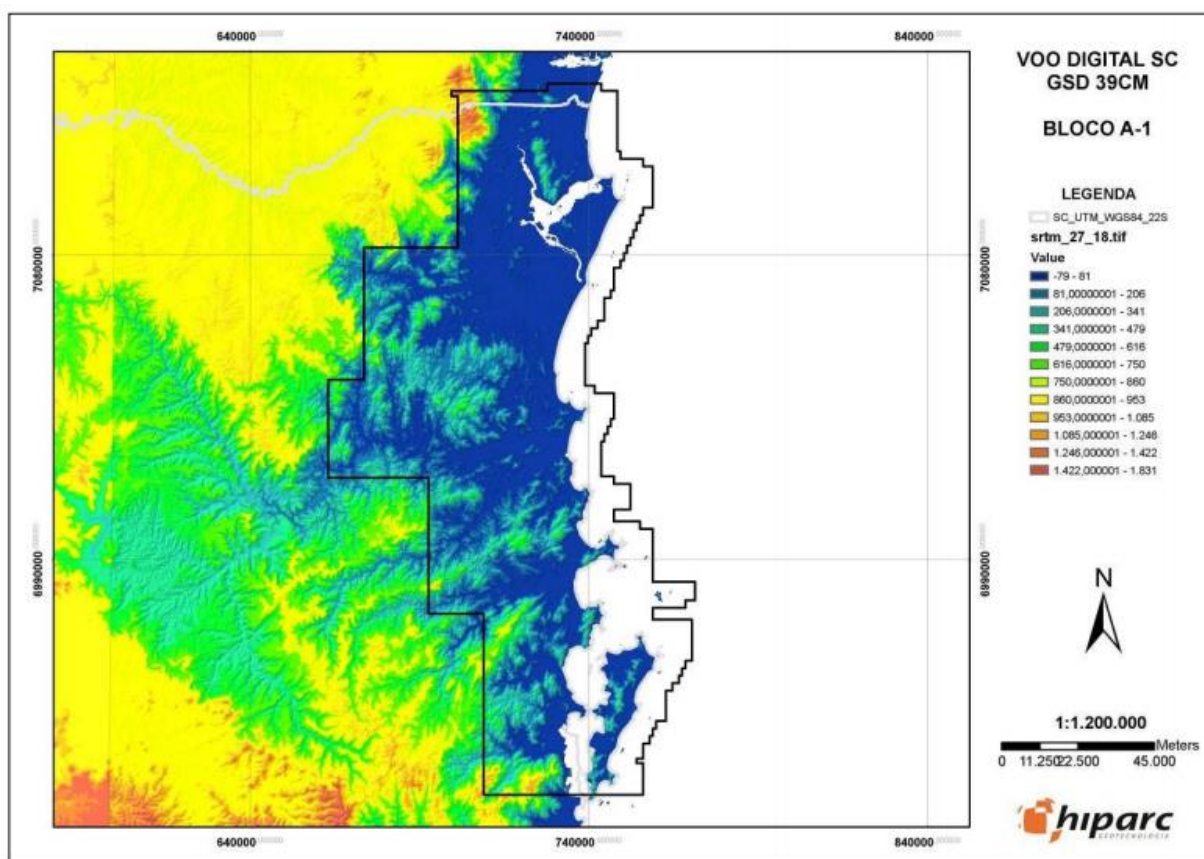
Exemplo de plano de voo com o FMS TrackAir, onde a escala de cada faixa é calculada com MDT ASTER e visualizada em perfil

O planejamento de voo seguiu os seguintes parâmetros:

Câmera Digital UltraCam-Lp VEXCEL:

- GSD: 25 cm para a banda Pancromática e 55 cm multiespectral;
- Distância Focal: 70.4mm (conforme relatórios de calibração);

- Sobreposição longitudinal: 60%; o Sobreposição lateral: 30%;
- Altura de voo considerada em relação ao plano médio;
- Quantidade de fotografias: 32.509;
- Quantidade de faixas: 472;
- Quantidade de modelos: 26.454;
- Direção das faixas de voo: norte ↔ sul;
- Modelo Digital de Terreno utilizado no FMS TrackAir: ASTER (8m de precisão em 90%).



Exemplo de análise de altitude para o plano de voo (HIPARC – SPU RS 2011)

Após a realização de cada sobrevoo, as imagens foram transferidas da unidade de discos SAS/Sata/SSD da UCLp para unidades de disco SAS/Sata/Storage na HIPARC. Neste processo de cópia e preparo das imagens para uso na etapa seguinte de aerotriangulação, a HIPARC utilizou os módulos UltraMap RawDataCenter (RDC) e UltraMap Radiometry (RAD), para transformação do nível 00 (RAW) para o nível 02 (DFI) e 03 (TIF), e para exportação/gravação nos formatos originais R/G/B/I/PAN e RGBI fusionados, em conformidade com o TR. No módulo RDC é processado o fusinamento entre as imagens dos sensores PAN e a retificação geométrica das imagens R/G/B/IR/PAN sobre a matriz de calibração original de fábrica (realizada pela Vexcel Imaging / Microsoft Photogrammetric em GRAZ, Áustria). O módulo RAD foi utilizado para análise da qualidade radiométrica do bloco, com funções de equalização entre imagens e funções avançadas de correção com máscaras de hotspots e radiais, orientadas pela efeméride solar a partir das informações de posição, ângulo e tempo de cada imagem.

A linha básica de trabalho obedeceu as seguintes etapas:

- a) Análise de resolução das fotografias do voo em relação ao planejamento da cobertura aérea;
- b) Análise de regularidade do bloco de imagens (regularidade e paralelismo da linha de voo);
- c) Análise de superposição longitudinal e lateral das fotografias entre as faixas de voo;
- d) Análise das faixas voadas em relação aos limites da área objeto;
- e) Análise da qualidade das aerofotos no contexto de detectar áreas de sombra, arrastamentos, manchas, nuvens, nitidez, tonalidade, brilho, contraste, densidade e textura;
- f) Análise da continuidade e da conformidade das faixas de voos, essencialmente, quando forem detectadas interrupções do voo; neste caso, foram conferidas as retomadas das fotos e a superposição entre as imagens longitudinalmente e entre as faixas de voo;
- g) Conferência da nitidez e legibilidade das informações essenciais que garantam a geometria do processo.

MOSAICO GERAL

Posterior à geração do levantamento aerofotogramétrico foi gerado um mosaico da área levantada. Este mosaico teve como finalidade a análise do resultado da operação aérea, observados os seguintes itens:

- Falhas no recobrimento lateral devido a derivas;
- Falhas no recobrimento longitudinal devido ao tempo de exposição ou velocidade da aeronave;
- Presença de nuvens ou sombras acima do permitido para o projeto;
- Diferença de resolução de pixel ao longo das faixas devido à variação da altitude da aeronave; quando diagnosticada qualquer uma das falhas citadas, o voo foi reprovado nas regiões problemáticas para substituição das fotografias aéreas.

Após a aprovação do levantamento aerofotogramétrico do bloco foi gerado o fotoíndice, produzido com redução de 4x à escala e tamanho da aerofoto original. As imagens foram montadas em faixas, e estas em blocos, sendo enquadrados por coordenadas plano-retangulares, através de cruzetas desenhadas nos quatro cantos de cada quadrícula.

Constam no fotoíndice as seguintes informações:

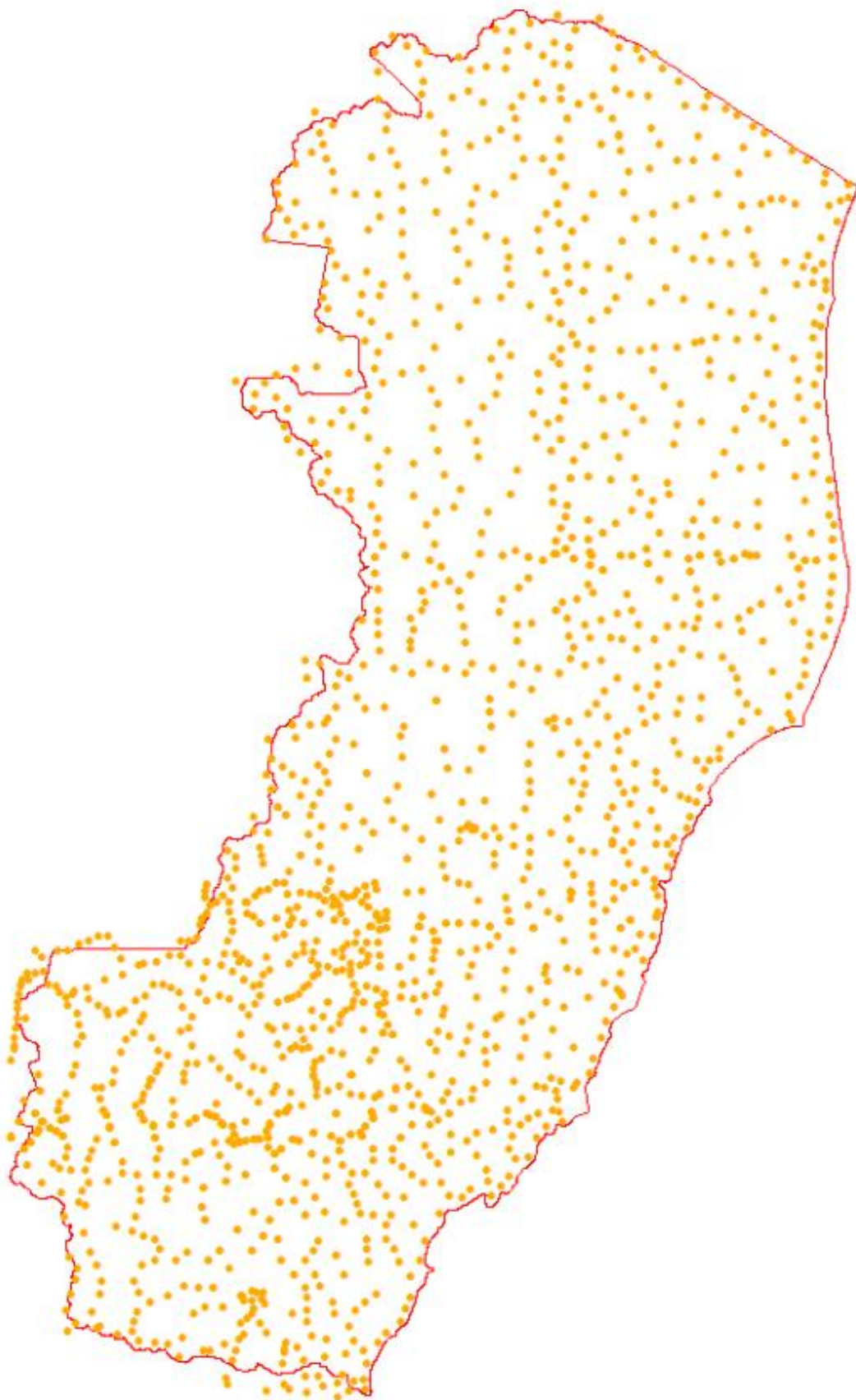
- Enquadramento, coordenadas geográficas e mapa de localização;
- Número das fotos e faixas;
- Escala do voo do fotoíndice, nome da CONTRATANTE e da HIPARC;
- Principais cidades, sedes municipais, vilas, portos, aeroportos, rodovias estaduais e federais;
- Articulação do fotoíndice (caso haja mais de um fotoíndice por área).

APOIO TERRESTRE

Foram utilizados pontos de apoio levantados nos anos 2007 e 2008, em todo o Estado do Espírito Santo. A HIPARC possui em acervo próprio 3.000 pontos, e destes, aproximadamente 1/3 possuem precisão absoluta melhor que 50 cm em x/y/z. Do acervo também foram utilizados pontos com precisão absoluta de 1 metro em x/y/z para o controle de qualidade da aerotriangulação, conforme distribuição especificada no TR.

Os pontos de apoio existentes (2007/2008) e os complementares foram rastreados através do método de correção diferencial, conhecido popularmente como banda L.

A HIPARC utiliza a assinatura Oministar XP, que alcança precisão de até 15cm.

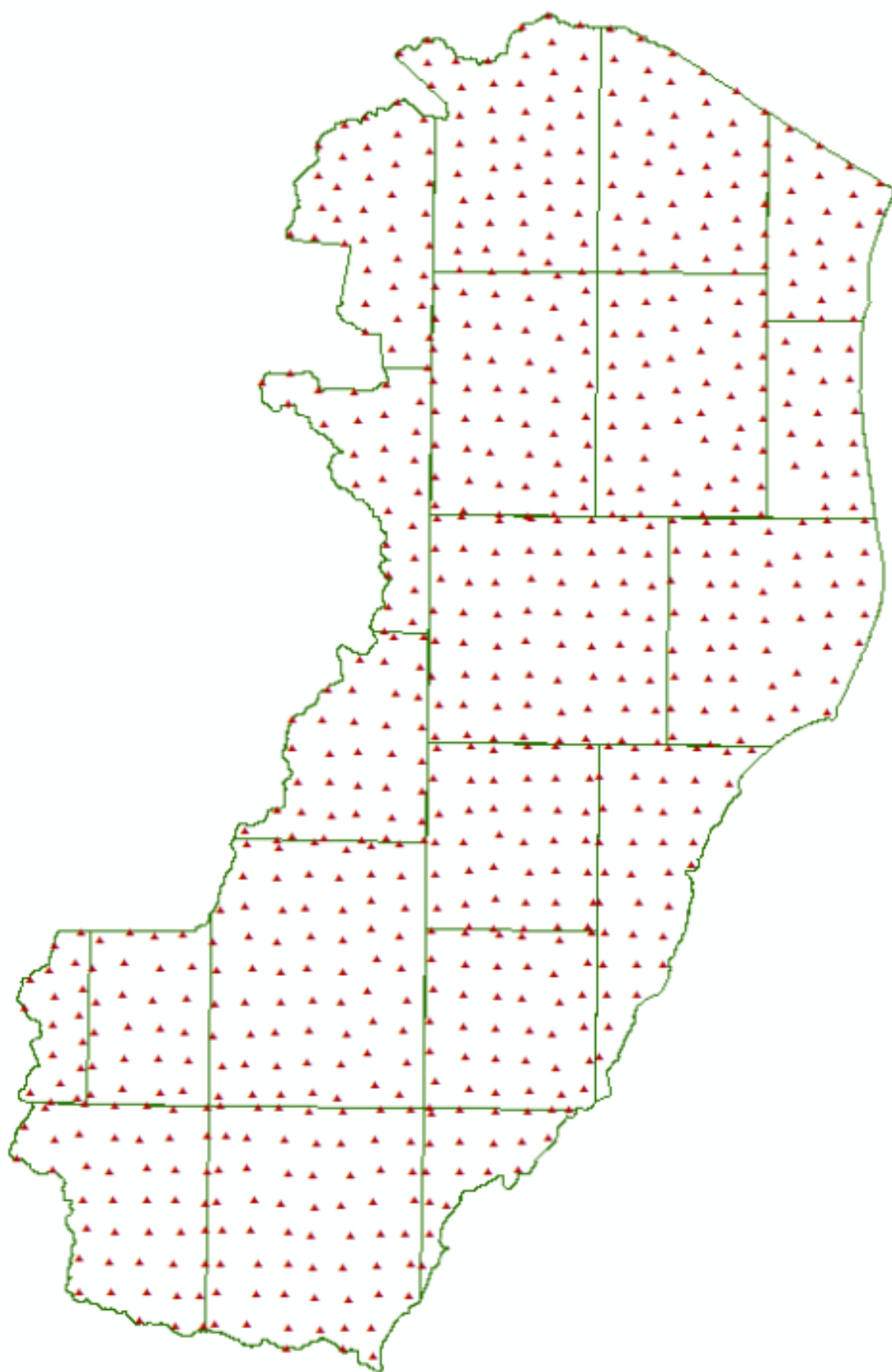


Pontos existentes no acervo da HIPARC (2007/2008)

PONTOS DE APOIO PLANIALTIMÉTRICO

O apoio suplementar teve o objetivo de determinar as coordenadas e altitudes de Pontos de Apoio Horizontal e Vertical (HV), facilmente identificáveis nas aerofotos para o processo de aerotriangulação. Os cálculos planimétricos foram feitos com coordenadas planas na projeção UTM / SIRGAS2000 e datum vertical referenciado ao Marégrafo de Imbituba-SC. Do acervo da HIPARC foram escolhidos pontos de apoio suplementares, utilizados no processo de aerotriangulação em quantidade e posicionamento que atendessem as exigências dos programas para aerotriangulação digital. Tais pontos foram determinados nas sobreposições entre imagens de mesma faixa ou de faixas laterais de voo, com procedimentos adequados ao mapeamento na escala final de 1:10.000 originado de voo com GSD de 25 cm. Ao longo das faixas foram programados HV's com espaçamento entre modelos dependendo da geometria da região e considerando que o voo foi apoiado com IMU e DGPS L1/L2, o que reduz sensivelmente a necessidade do adensamento dos pontos de apoio suplementar e aumenta significativamente sua precisão. Nas regiões de superposição entre faixas, foram adensados pontos para garantir a precisão planialtimétrica do ajustamento do bloco aerotriangulado. Os pontos HV's ou de duplo apoio, receberam suas coordenadas planimétricas e altimétricas por determinações através da tecnologia "Omnistar" com correção diferencial através de satélites e utilizando receptores geodésicos L1/L2 DGPS, em sessões de rastreamento estático rápido de 15 minutos, com taxa de gravação de 5 segundos.

Esses pontos fundamentaram-se em detalhes fotogramétricos bem nítidos, preferencialmente de fácil acesso, como cantos de cercas, sinalização, detalhes de estradas, canteiros, muros ou construções. Foram evitados pontos próximos às encostas, zonas excessivamente claras ou de sombras em locais próximos de espelho d'água (caso das praias e lagoas) e em árvores ou arbustos por apresentarem defasagem de altura e deslocamento de escala (caso das áreas com vegetação primária), pois prejudicam a estereoscopia do alvo. Todos os registros de medições foram produzidos de modo a não deixar dúvidas quanto à identificação do ponto, e gravados em formulários apropriados e padronizados, onde constam fotografias, nome do operador, o tipo de instrumento, entre outros. Em observância ao TR, foram levantados pontos para a verificação da qualidade da etapa de aerotriangulação, sendo 01 ponto a cada 10 modelos ao longo da faixa, e este processo foi repetido a cada 04 faixas para todo o aerolevantamento. O resultado desta distribuição resultou em 773 pontos de verificação, conforme apresentado na figura a seguir.



Pontos de verificação planejados conforme Termo de Referência

RELATÓRIO DE PONTO DE APOIO TERRESTRE			
Código do ponto: 140908	Município – UF: Guarapari – ES	Data e horário (de Brasília) da ocupação do ponto: 14/09/2007 16:39:47	
Sistema geodésico de referência das coordenadas do ponto: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000			
COORDENADAS			
Coordenadas Geodésicas	Latitude Longitude	-20° 43' 50,836" -40° 33' 31,291"	Precisão absoluta do ponto
Coordenadas UTM Meridiano Central -38°	Este (m) Norte (m)	337703,2340 7706864,7220	X (m) Y (m)
Altitudes	Altitude Geométrica Altitude Ortométrica	37,4600 30,7100	Z (m) 1.0000
Método de posicionamento e processamento dos dados para obtenção das coordenadas do ponto: Método de posicionamento semicinemático. Determinação das coordenadas em tempo real através de correção DGPS obtida pelo serviço OmniSTAR XP.			
Bases de correção diferencial (Para Pós-Processamento): - - -	Tempo de ocupação do ponto: 00:05:34	Número de satélites rastreados: 8	
	Modelo geoidal: MAPGEO2010 (IBGE)	Tipo de ponto: Rover	
Localização do ponto sobre a imagem (Informar nome da imagem: AA_BB_CCC):		Fotografia de posicionamento da antena do receptor GNSS:	
			

Modelo de relatório de apoio de campo

CONTROLE DE QUALIDADE

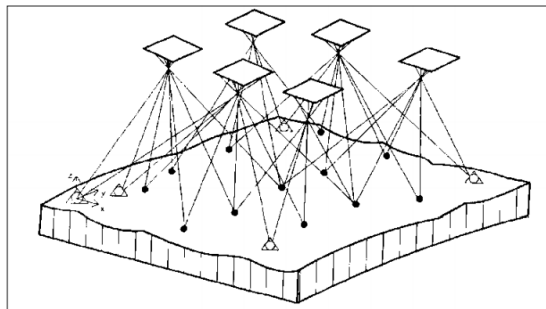
Para aferição da qualidade dos pontos HV e de verificação, foram rastreados o equivalente a 2% do total de pontos (controle e verificação), escolhidos pela CONTRATANTE, utilizando o método de posicionamento relativo estático, com o receptor ProMark 200.

As seguintes medidas foram observadas para esta etapa do projeto:

- Cada ponto do apoio de campo foi ocupado por um receptor GNSS com rastreamento simultâneo de, no mínimo, seis satélites;
- Os receptores foram configurados para coletar dados em intervalos de, no máximo, dez segundos, utilizando máscara de elevação de quinze graus, a fim de garantir um horizonte com menos obstruções ionosféricas. Foi utilizado também critério de rastreamento considerando o PDOP (Posicional DOP- Position Dilution Of Precision), menor ou igual a cinco;
- O referencial geodésico adotado para as coordenadas dos pontos foi o SIRGAS2000 conforme especificado do TR;
- Após o processamento dos pontos, foi realizada a transformação das altitudes através do MAPGEO 2010, aplicativo desenvolvido pelo IBGE com o objetivo de atualizar o modelo geoidal brasileiro a fim de oferecer a possibilidade de transformação das altitudes geométricas, referenciadas ao elipsoide, em altitudes ortométricas, referenciadas à superfície equipotencial (geóide) da Terra e, portanto com sentido físico, através do conhecimento da ondulação geoidal do referido ponto;
- Os procedimentos e requisitos descritos neste item, tiveram como objetivo assegurar que a precisão absoluta das coordenadas dos pontos do apoio de campo fosse igual, ou melhor a 0,50 m tanto para planimetria quanto para altimetria (considerando a altitude geométrica obtida pelo receptor GNSS);
- Foi realizado o pós-processamento dos dados utilizando a fase das portadoras L1/L2 com método de fixação de ambiguidades.

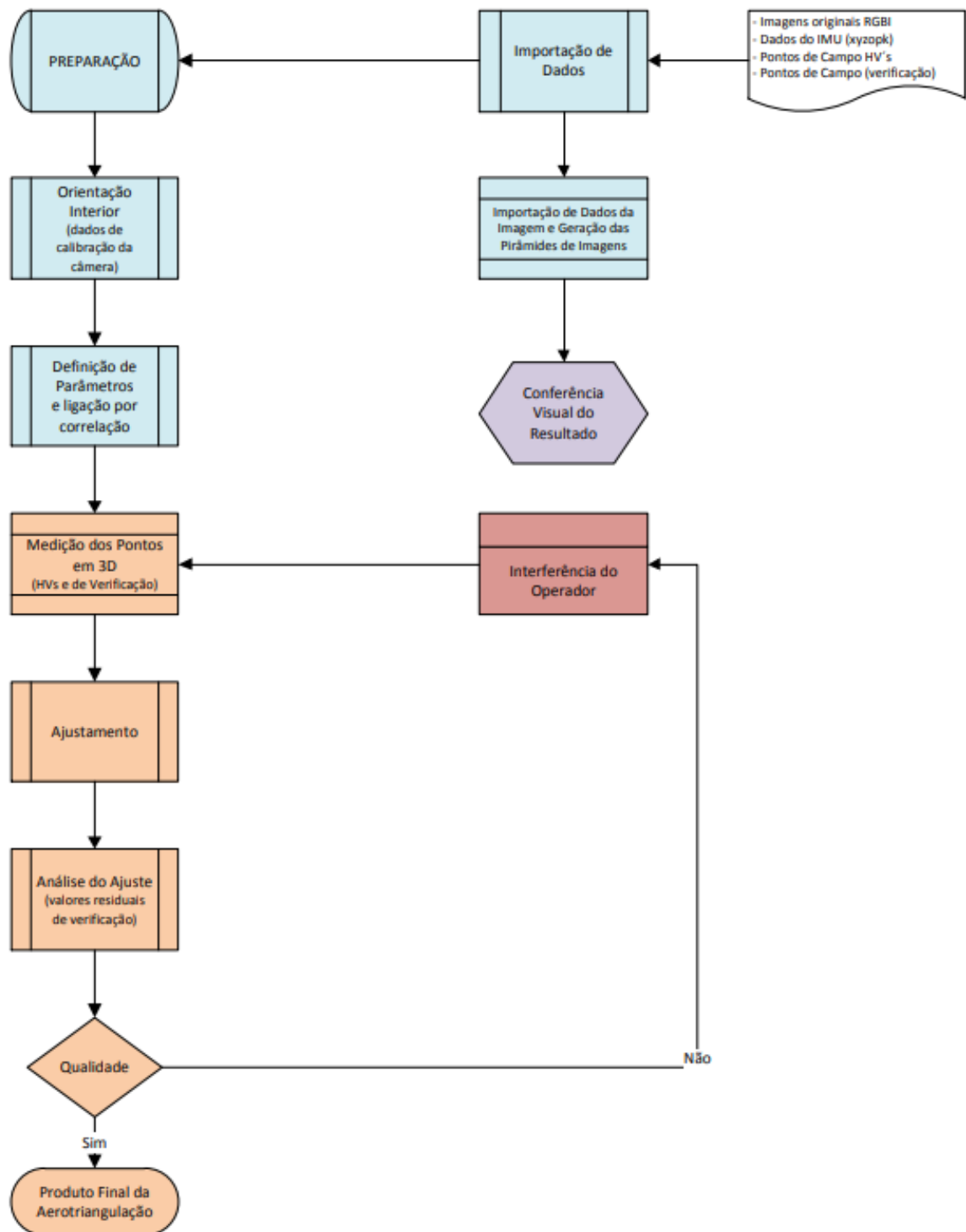
AEROTRIANGULAÇÃO

A Aerotriangulação teve como objetivo a determinação dos parâmetros de orientação e posicionamento das fotografias aéreas no momento de sua aquisição. Na aerotriangulação, as orientações em bloco das imagens foram obtidas simultaneamente, produzindo resultados próximos à orientação de cada estéreo-modelo. Foram utilizados pontos de ligação entre as imagens, chamados pontos de enlace “tie points”, e pontos de ligação das imagens com as respectivas feições medidas no terreno (pontos de controle). O processo de aerotriangulação em bloco reduziu a quantidade de pontos de controle para as orientações das imagens conforme ilustrado a seguir.



Esquema básico de distribuição de imagens e pontos aerofotogramétricos

Todo o processo de aerotriangulação foi tratado em fluxo de trabalho único. Esse processo, anteriormente dividido em etapas de orientação, medições de pontos (ligação e apoio) e etapa de ajuste, foi executado unicamente utilizando sistemas fotogramétricos digitais, baseados em “hardware” e “software” específicos, trazendo como principal benefício à efetiva redução do tempo e condições para realizar etapas de planejamento do apoio suplementar conjuntamente.



Fluxograma de trabalho do processo de aerotriangulação digital

Em relação ao planejamento, os pontos de campo foram escolhidos e identificados em 3D com o máximo de exatidão quanto à sua posição, com coordenadas planas e/ou altimétricas conhecidas. Buscando celeridade no processo de aerotriangulação, as coordenadas e imagens de localização dos pontos de controle medidos foram transferidas remotamente ao operador de aerotriangulação, ao término de cada medição do ponto de controle.

BLOCOS FOTOGRAMÉTRICOS

Buscando uma rigidez geométrica e melhor precisão, observou-se o seguinte:

- Sobreposição entre os blocos: pontos comuns de ligação foram usados como junções para os respectivos ajustes;
- Forma regular dos blocos: facilitando as ligações e o controle de sua geometria.

No início do processo, foram importados os seguintes dados:

- Imagens pertencentes a cada bloco foram convertidas para o sistema fotogramétrico, incluindo a criação de pirâmides;
- Coordenadas dos pontos de campo de controle (HVs) e de verificação (check points);
- Parâmetros de calibração da câmera, distância focal calibrada, localização do ponto principal da imagem e parâmetros de distorções radial-simétrica e descentrada, para orientação interior;
- Valores dos parâmetros de atitude (Omega, Phi, Kappa) e posição (X,Y,Z) do centro perspectivo de cada imagem fornecida pelo DGPS/IMU para uso na montagem do bloco.

A partir deste conjunto de informações foi dado início ao processo de orientação relativa, com a identificação automática de feições homólogas entre todas as imagens do bloco. Na sequência iniciou-se o processo de orientação absoluta, com o ajuste do bloco a partir dos pontos HVs. Após o primeiro conjunto de processamento, foram executados os processos de depuração e detecção de erros grosseiros, a saber:

- Erros planimétricos nos pontos de controle: compatível com a escala 1:10.000 PEC A;
- Erros altimétricos nos pontos de controle: compatível com a escala 1:10.000 PEC A.

Concluída a depuração e remediação dos pontos com erros acima dos parâmetros admissíveis, executou-se um novo processamento até se obter o resultado esperado fornecido através de um relatório contendo os dados de entrada e os respectivos indicadores estatísticos de qualidade da aerotriangulação.

PONTOS DE CONTROLE

Através do software de aerotriangulação Inpho/Match-AT, foram inseridos pontos de controle de forma manual, identificados em ambiente estéreo, garantindo o posicionamento preciso e a correta interpretação da feição natural utilizada no apoio. Os pontos de controle foram identificados e observados utilizando-se as imagens e croquis transmitidos remotamente do campo.

O controle de qualidade da aerotriangulação foi executado através da análise dos relatórios de aerotriangulação, notadamente os valores dos pontos de verificação, tendo em vista os seguintes parâmetros:

- Qualidade Planimétrica: a tolerância para os resíduos em planimetria dos pontos de verificação foi estipulada conforme a escala da fotografia, fornecendo um valor de erro médio quadrático de todo o bloco. No ajustamento da aerotriangulação, os vetores resultantes dos resíduos planimétricos em todos os pontos de verificação medidos nas imagens deveriam ser inferiores ao erro padrão, ou seja, as discrepâncias entre as coordenadas de terreno obtidas em campo e as aerotrianguladas, com pontos de verificação iguais ou melhores a 3,00m para planimetria;
- Qualidade Altimétrica: no ajustamento da aerotriangulação, os vetores resultantes dos resíduos altimétricos em todos os pontos de verificação medidos nas imagens deveriam ser inferiores ao erro padrão, ou seja, as discrepâncias entre as coordenadas de terreno obtidas em campo e as aerotrianguladas dos pontos de verificação deveriam ser iguais ou inferiores a 1,67 metros.

RESTITUIÇÃO DA HIDROGRAFIA

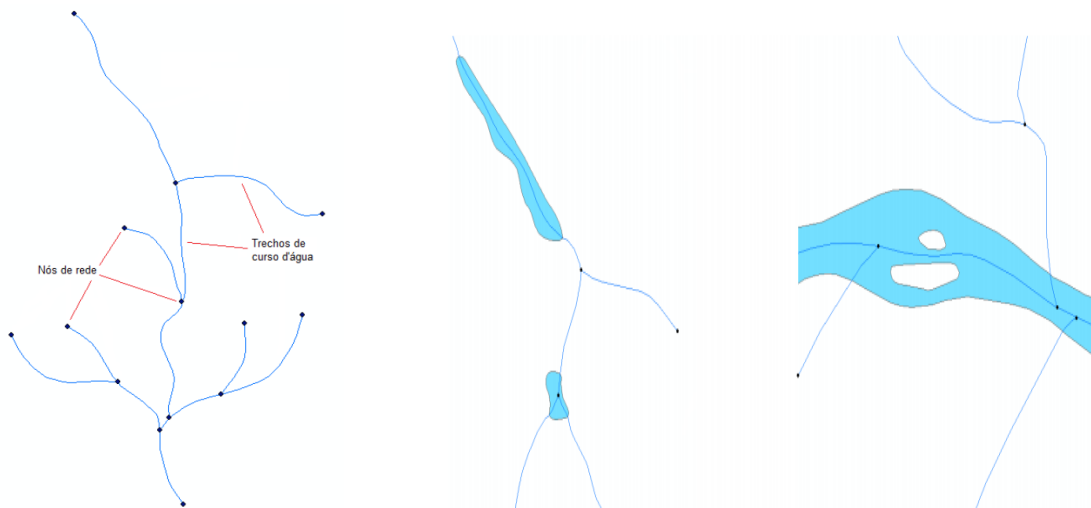
A restituição hidrográfica foi produzida com o detalhamento e densidade dos elementos geográficos compatíveis à escala 1:10.000 PEC A. Os elementos da hidrografia (Cursos d'Água, Massas d'Água e Áreas de Contribuição Hídrica) foram restituídos sobre a totalidade da área do projeto, ou seja, 47.500 km², como feições tridimensionais, possibilitando sua utilização como linhas de quebra (Breaklines) no processo de construção do MDT.

Os cursos d'água como rios, córregos, riachos, ribeirões, canais e valas foram restituídos por processos de estereocompilação como polilinhas, com o objetivo de se estruturar uma rede unifilar, topologicamente consistente quanto aos aspectos de conectividade, com orientação definida de nascente a foz, em formato de grafo (árvore) e sem descontinuidades ou confluências duplas.

Para a análise de redes e para a construção da base hidrográfica, a representação dos cursos d'água se deu da seguinte forma:

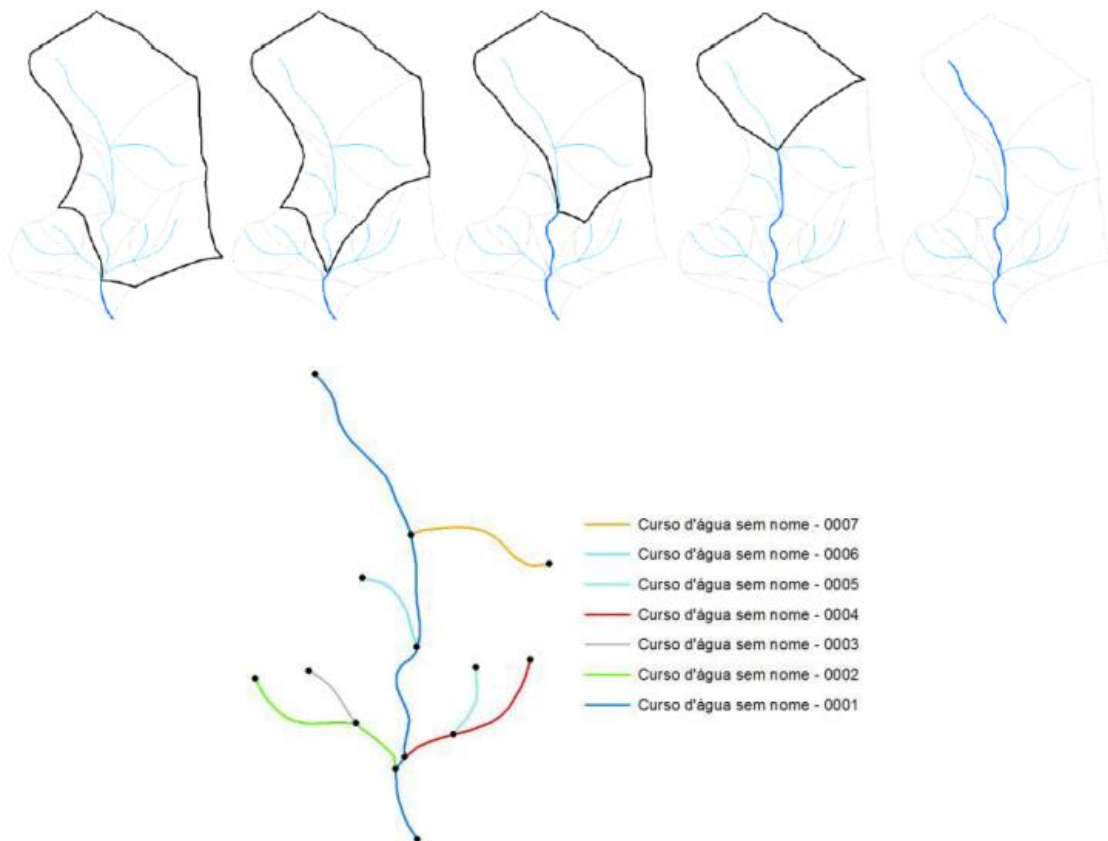
- a) Os cursos d'água foram representados por trechos (segmentos de linha ou arcos ou ainda polilinhas) conectados por nós de rede (representando a nascente ou a foz de um curso d'água ou ainda uma confluência entre cursos d'água a montante ou a jusante de um determinado trecho de curso d'água);
- b) Cada trecho de curso d'água teve um único ponto de entrada (nó de rede podendo ser a nascente de um curso d'água ou uma confluência a montante) e um único ponto de saída (nó de rede podendo ser a foz de um curso d'água ou uma confluência a jusante). Desta forma, cada trecho de curso d'água foi construído começando pelo ponto de entrada e finalizando no ponto de saída, ou seja, de montante a jusante, reproduzindo o sentido de fluxo natural dos cursos d'água tendo em vista as características de drenagem e declividade do relevo;
- c) Os nós de rede deverão apresentar as seguintes características:
 - Cada nó de rede que representar a nascente de um curso d'água conectar-se-á apenas a
 - um trecho de curso d'água, sendo este nó caracterizado como ponto de entrada do referido trecho;
 - Cada nó de rede que representar a foz de um curso d'água conectar-se-á apenas a um trecho de curso d'água, sendo este nó caracterizado como ponto de saída do referidotrecho;

- Cada nó de rede que representar a confluência entre cursos d'água conectará, sempre, a
 - três trechos de curso d'água, sendo este nó caracterizado como ponto de entrada de um trecho e ponto de saída de dois trechos ou ponto de saída de um trecho e ponto de entrada de dois trechos;
 - Situações que apresentarem resultados diferentes dos citados acima poderão indicar erros relacionados à descontinuidade da rede ou presença de confluências duplas.
- d) Trechos de cursos d'água que intercederem massas d'água tais como lagos, lagoas, represas, açudes, etc. foram posicionados de tal forma, a passarem pela região central do polígono que representa a massa d'água. Da mesma forma, cursos d'água representados, também, por massas d'água (tais como rios cujas margens apresentem distância significativa para representação cartográfica como o Rio Doce, por exemplo) tiveram seus trechos de curso d'água passando pela posição central dos polígonos que representam essas massas d'água. Tal procedimento foi requerido para estudos de drenagem através da topologia da rede;



Representação de trechos de cursos d'água sobre massas d'água.

- e) Foi construída a conectividade espacial dos cursos d'água, ou seja, a estrutura vetorial com topologia arco-nó. Para isso foram utilizadas ferramentas computacionais adequadas para a edição topológica de redes, capazes de realizar o processamento e a extração de informações para a construção da base hidrográfica e modelagem de redes em SIG. Nesta etapa foi utilizado o SIG ArcGis - ESRI;
- f) Trechos de cursos d'água sem toponímia associada foram representados por nomenclaturas padrões descritos como: Curso d'água sem nome – 0001, sendo que cada curso d'água sem nome seguiu a sequência numérica sem repetição, de maneira que os trechos que compuseram o curso d'água sem nome fossem selecionados de foz a nascente considerando, sempre, a maior área de contribuição hídrica dos trechos a montante;



g) Os cursos d'água foram representados por dois tipos de estruturas vetoriais que são os trechos de curso d'água (segmentos de linhas ou polilinhas) e os nós de rede (pontos), que apresentarão os seguintes atributos:

Trechos:

- Código numérico único do trecho;
- Nome do curso d'água ao qual o trecho pertence (Rio Doce, Córrego do Limoeiro, etc.). Caso este atributo não tenha sido encontrado após a realização do procedimento citado no item 2.7.5 do TR do Edital, foi executado o procedimento especificado no subitem F do item 2.7.2 do referido TR;
- Regime do curso d'água ao qual o trecho pertence (Permanente ou Intermitente). Caso este atributo não tenha sido encontrado após a realização do procedimento citado no item 2.7.5 do TR do Edital, o valor utilizado foi "Não definido";
- Código numérico único do trecho de curso d'água a montante que pertence ao mesmo curso d'água (O valor foi nulo caso não existisse trecho a montante);
- Código numérico único do trecho de curso d'água a jusante que pertence ao mesmo curso d'água (O valor será nulo caso não exista trecho a jusante);
- Código numérico único do nó de rede que representa o ponto inicial do trecho (Nascente do curso d'água ao qual o trecho pertence ou confluência a montante do trecho);

- Código numérico único do nó de rede que representa o ponto final do trecho (Foz do curso d'água ao qual o trecho pertence ou confluência a jusante do trecho);
- Código numérico único da área de contribuição hídrica do trecho, conforme especificado no item 2.7.4 do Termo de Referência do Edital;
- Comprimento do trecho (m).

Nós:

- Código numérico único do nó;
- Tipo de nó (nascente de curso d'água, foz de curso d'água ou confluência);
- Número de trechos de curso d'água conectados ao nó.

Massas d'água como lagos, lagoas, represas, açudes e rios ou canais cujas distâncias entre suas margens sejam iguais, ou superiores, a 10 (dez) metros, foram restituídos por processos de estereocompilação como polígonos. Foram também representadas sob as massas d'água, as ilhas fluviais e bancos de areia, não havendo sobreposição ou espaços vazios entre os polígonos de massa d'água, ilhas e bancos de areia. Massas d'água que não possuísem toponímia associada (cuja nomenclatura, não foi encontrada após a realização do procedimento citado no item 2.7.5 do TR do Edital) receberam uma nomenclatura padrão (Massa d'água sem nome – 0001, por exemplo, sendo que cada massa d'água sem nome seguiu a sequência numérica sem repetição). Massas d'água com fluxo como rios, córregos, etc, receberam a mesma nomenclatura que os trechos de curso d'água que passaram pela posição central da referida massa d'água.

Cada feição ou polígono representado como massa d'água terão os seguintes atributos alfanuméricos associados:

- Código numérico único da massa d'água;
- Nome da massa d'água (Lagoa Juparanã, Rio Doce, Baía de Vitória, etc.). Nos casos em que este atributo não foi encontrado após a realização do procedimento citado no item 2.7.5 do TR do Edital, foi executado o procedimento especificado no terceiro parágrafo do item 2.7.3 do TR do Edital;
- Tipo de massa d'água (Lagoa, Lago, Represa, Rio, Canal, e
- tc.) Caso este atributo não seja encontrado após realização do procedimento citado no item 2.7.5 do TR do Edital, o valor utilizado deverá ser “Não definido”;
- Regime da massa d'água (Permanente, intermitente, etc.) Caso este atributo não seja encontrado após realização do procedimento citado no item 2.7.5 do Termo de Referência do Edital, o valor utilizado foi “Não definido”.
- Valor da área da massa d'água (m²);
- Perímetro da área da massa d'água (m).

As bacias hidrográficas e áreas de contribuição hídrica de cada trecho de curso d'água foram restituídas por processos de estereocompilação. Este procedimento foi realizado sob os modelos estereoscópicos orientados no qual foram restituídos os divisores de água no

entorno dos trechos de curso d'água, determinando desta forma as áreas de contribuição hídrica de cada trecho. As áreas de contribuição hídrica resultantes, compuseram um mapa de polígonos adjacentes que foram submetidos aos processos de validação topológica com o objetivo de eliminar inconsistências como sobreposição ou espaços vazios entre polígonos. Como fonte de informações mais detalhadas a respeito de áreas de contribuição hídrica ou otobacias, foram consultadas referências como o “Manual de Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada da ANA e Topologia Hídrica: Método de Construção e Modelagem da Base hidrográfica para Suporte a Gestão de Recursos Hídricos”.

Cada área de contribuição hídrica tem os seguintes atributos alfanuméricos associados:

- Código numérico único da área de contribuição hídrica;
- Valor da área de contribuição hídrica (m²);
- Perímetro da área de contribuição hídrica (m).

A coleta de atributos e toponímia dos cursos d'água, massas d'água e áreas de contribuição foram obtidos a partir de documentos cartográficos existentes ou outras fontes de informação oficiais.

Na medida em que os modelos estereoscópicos foram restituídos, seguiram para a etapa de revisão, onde foram observados:

- a) Verificação das entidades restituídas, compatibilizando-as com as ortofotos ou modelos estereoscópicos;
- b) Verificação da estrutura topológica, arcos-nós, conectividade, direção/sentido, dentre outros;
- c) Detecção de falhas, omissões e inconsistências ocorridas durante o processo de captura na restituição através de rotinas de verificação topológica dos arquivos restituídos;
- d) Verificação da coerência com relação à altimetria.

Nesta etapa foram utilizados softwares de restituição e edição 3D e 2D (DVP, Summit, Autodesk Civil 3D e ArcGis).

MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE) E TERRENO (MDT)

O Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma representação numérica tridimensional da superfície física terrestre com todas as suas elevações como, por exemplo, topo de edificações e vegetação. O Modelo Digital de Terreno (MDT) é uma representação numérica tridimensional da superfície física terrestre ao nível do solo – isento das alterações da superfície.

São representados por uma grade com valores de elevação (z) regularmente espaçada (em x e y), referenciada a um DATUM (horizontal e vertical) e a um sistema de coordenadas. As altitudes obtidas pelo MDE e MDT correspondem às coordenadas ortométricas de pontos da superfície e do terreno.

Foi entregue uma versão contínua e uma versão articulada com blocos regulares de 10 x 10Km, em formato shapefile para cada modelo digital. Cada bloco da articulação recebeu como atributo, um nome padronizado como XX_YYY, sendo uma abreviação das coordenadas do canto superior esquerdo do bloco, onde XX corresponde aos dois primeiros

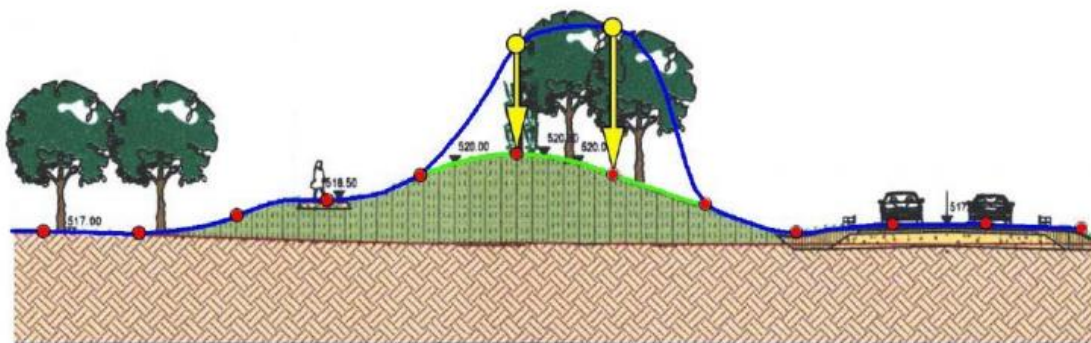
dígitos da coordenada UTM Leste e YYY corresponde aos três primeiros dígitos da coordenada UTM Norte. O mesmo ocorreu com a nomenclatura dos blocos do modelo digital, nomeados de acordo com o nome do bloco da articulação ao qual eles pertencem. Foram entregues também as Pirâmides de Layers (arquivos RRD), tanto para os modelos digitais unificados quanto para os blocos dos modelos digitais particionados. Tanto o MDT quanto o MDE foram gerados com precisão na escala 1:10.000 PEC A.

Os modelos digitais de elevação e de terreno (MDE e MDT) foram gerados automaticamente a partir dos pares estereoscópicos aerotriangulados, através da correlação entre as imagens. Este processo ocorre por meio de medições de similaridade entre imagens sobrepostas, seguindo o conceito de geometria epipolar, o qual reduz o espaço de busca de pontos homólogos sobre imagens adjacentes em linhas epipolares, calculadas com base na geometria e orientação das imagens no espaço objeto. Foi usado o software MATCH-T da família INPHO para geração automática do MDS, com os seguintes dados de entrada:

- Fotografias aéreas Digitais com resolução suficiente para maximizar a eficácia na geração semiautomatizada e acurácia do MDE gerado;
- Arquivos aerotriangulados, com a informação da orientação interior e parâmetros de orientação exterior das fotografias aéreas que permitem a reconstrução das mesmas no instante das tomadas das fotografias;
- Arquivos digitais em 3D dos cursos d'água (perenes), massas d'água (mesma cota), divisores de água e áreas de exclusão para edição posterior.

Como saída, foram gerados modelos com 2 metros de resolução espacial, interpolação pelo método bilinear e formato IMG.

Em seguida, foram carregados os modelos estereoscópicos e a grade de pontos gerada para a realização de uma filtragem através da varredura sobre os modelos e a grade de pontos, e a extração de forma manual dos pontos que estão acima da superfície do terreno como edificações, grandes vegetações, entre outros. O resultado dessa tarefa dá origem ao Modelo Digital do Terreno (MDT) que representa o terreno no nível do solo livre das elevações presentes no MDE. Para esta etapa foi utilizado o software INPHO DTMaster.



Exemplo de seleção de pontos para-interpolação

Dentre outros, foram realizados os seguintes procedimentos para edição dos MDT:

- a) Análise visual das feições existentes, como por exemplo, diferentes tipos de vegetação, culturas, reflorestamentos, construções, dentre outros que pudessem influenciar na geração do MDT;
- b) Criação de máscaras de filtragem das feições citadas acima, para a definição das classes relevantes na geração do MDT;
- c) Substituição dos pontos eliminados/suavizados do MDT por pontos cotados coletados em estações fotogramétricas digitais.

Os valores do Erro Médio Quadrático (EMQ) nas coordenadas ortométricas dos pontos no espaço objeto foram inferiores a 1,6 m, sendo que o erro máximo admissível para 90% dos pontos observados no controle de qualidade não ultrapassou os 2,5 m. Esta verificação foi realizada utilizando pontos de controle levantados em campo (pontos de verificação) e testes estatísticos. Deve-se salientar que o MDT teve suas altitudes ortométricas obtidas a partir de pontos rastreados cujas alturas geométricas foram reduzidas para altitudes ortométricas somando em cada ponto do modelo o valor da ondulação geoidal.

A fim de avaliar a qualidade dos dados obtidos pelo MDT foi realizada uma conversão da imagem no formato matricial gerada pelo software da família INPHO, LPS, para o formato vetorial na forma de malha de triângulos irregulares do tipo “Triangulated Irregular Network” (TIN).

Estas malhas do tipo TIN foram carregadas em estações fotogramétricas digitais juntamente com seus respectivos modelos estereoscópicos obtidos na fase de aerotriangulação. O controle de qualidade do produto foi executado em duas etapas: controle interno e externo.

O controle interno foi realizado após a inserção dos dados de entrada nas estações estereofotogramétricas digitais, onde foram analisadas visualmente por restituidores que avaliaram a malha TIN quanto à sua conformidade em relação à superfície. As regiões que apresentaram desvios foram corrigidas, analisando também as fases anteriores à geração do MDT, como a aerotriangulação, o apoio de campo e a cobertura aerofotogramétrica. Foram inseridas “breaklines” (linhas de quebra do terreno) e pontos adicionais, com o objetivo de moldar a malha ao terreno, quando a mesma apresentou uma quebra ou corte muito acentuado em sua continuidade. Verificado erro de correlação de imagens devido à complexidade de representação do terreno (cadeias montanhosas, áreas densamente edificadas entre outros), a correção foi efetuada através da inserção manual de uma nova grade de pontos (perfilamento digital), através da coleta de pontos tridimensionais. Além da análise visual descrita acima, foi realizada uma análise externa do MDT, utilizando-se para isso pontos de controle rastreados em campo, perfis de estradas adquiridos pelo método cinemático, RRNN e pontos extraídos de bases cartográficas existentes.

RESTITUIÇÃO DA ALTIMETRIA

A restituição da altimetria foi realizada pelo mapeamento de curvas de nível (hipsometria), executado a partir da análise do MDT conforme descrito no item anterior. Para a realização desta etapa, foram utilizados softwares específicos de geoprocessamento com recursos de análise espacial de dados geográficos (vetoriais e matriciais), ferramentas de validação topológica e módulo específico para análise de superfícies e modelagem de terreno.

As curvas de nível foram geradas a partir do MDT, com equidistância de 5 metros e mestras a cada 25 metros, com precisão 1:10.000 PEC A. Foi utilizado o software SCOP++ também da família INPHO.

Depois da geração das curvas de nível, as mesmas passaram por um processo de edição gráfica, com o uso dos softwares Autodesk Civil3D e ArcGIS, que possuem recursos de análise espacial de dados geográficos e validação topológica. Cada curva de nível tem estrutura vetorial do tipo polilinha (segmentos de linhas ou arcos) topologicamente fechada de maneira a compor um mapa de objetos alinhados onde cada curva modelou o terreno segundo um único valor de cota. Tendo em vista que as curvas de nível foram obtidas por um processo automático utilizando software específico para modelagem de superfícies, foram avaliados posteriormente a qualidade dos resultados com o objetivo de se evitar o aparecimento de curvas com a presença de anomalias ou tendências.

Cada feição representada como curva de nível tem os seguintes atributos alfanuméricos associados:

- Código numérico único da curva;
- Valor numérico inteiro da altitude ortométrica da curva de nível;
- Tipo de curva de nível (Mestra ou Normal);
- Valor do comprimento da curva (m).

Para a análise da qualidade do produto final foram analisadas as curvas juntamente com os modelos estereoscópicos tridimensionais para verificação da morfologia das curvas com o terreno, onde também foram posicionados os pontos de controle coletados por GPS e RRNN disponíveis na região para verificação da precisão das mesmas. Não foram admitidos erros superiores à metade da equidistância das curvas de nível, ou seja, 2,5 metros em 90% dos pontos testados, conforme PEC classe A para a altimetria.

ORTOFOTOMOSAICO

O termo ortofoto refere-se à retificação diferencial de imagens de fotografias aéreas baseada num modelo digital de terreno (MDT). O processo visa à correção dos efeitos de distorção das lentes, inclinação da câmera aerofotogramétrica, variações de escala da imagem e deslocamentos dos objetos devido ao relevo e/ou paralaxe. Essas correções permitem a transformação da imagem original da fotografia de perspectiva central para ortogonal. Para produzir uma ortofoto digital é necessário realizar todos os processos anteriores de aerotriangulação e geração de modelo digital de terreno, para, em seguida, retificar as imagens diferencialmente, processando-se cada pixel da imagem por meio das equações de retificação diferencial.

Para o cálculo de geração da ortofoto, foram utilizados os arquivos que contêm as informações das orientações (foto-coordenadas conjugadas dos pontos-de-controle e parâmetros de orientação da câmera) e os arquivos do MDT correspondente (modelo digital de terreno automático). A geração das ortofotos utilizou algoritmos de retificação, tais como o vizinho mais próximo, interpolação “bilinear”, “splines” cúbicas e o polinômio de Lagrange.

Os Ortofotomosaicos foram gerados para todo o Estado do Espírito Santo, com resolução espacial de 25 cm, em RGB (True Color) e também em B, G, R, IR – Bundle, sistema geodésico de referência SIRGAS 2000, com precisão 1:10.000 PEC A.

Foram usados os programas da família Inpho OrthoMaster e Orthovista.

A edição das imagens seguiu as seguintes etapas:

- Ajuste radiométrico para garantir a correta luminosidade e continuidade na ortofoto e entres as adjacentes;
- Normalização através da aplicação de histogramas;
- Homogeneização das imagens.

Foram geradas ortofotos individuais e posteriormente as faixas que compõem o mosaico final. Para melhor manuseio, foram construídos blocos de 5 km x 5 km, e ao final foi utilizado um processo de equalização para homogeneizar a radiometria.

Para a geração dos blocos, foi necessária mosaicagem das ortofotos, através da criação de linhas de corte “seamlines” manualmente ou automaticamente, para que não houvesse descontinuidade nas feições representadas na ortofoto devido à mudança de ponto de projeção entre duas ou mais tomadas distintas.

Durante todo o processo, foi feita a verificação da continuidade geométrica entre as imagens geradas, através da verificação da imagem de forma visual, buscando avaliar possíveis problemas de edição do modelo digital do terreno e problemas de ligação entre imagens, evitando reamostragem de pixels que viessem a trazer diferenças geométricas nas ligações. Na sequência dos trabalhos, foi analisado se os cortes dos blocos foram efetuados dentro do padrão estabelecido para o projeto. A articulação das folhas de ortofotomosaicos adotada foi definida no Termo de Referência, com blocos de dimensão 10 x 10 km.

O processo de equalização radiométrica começou com a conversão da imagem bruta “RAW” para “TIFF”. Os sistemas ULTRAMAP RawDataCenter e Radiometry de transferência, pré-processamento e conversão das imagens, possuem funcionalidades básicas de equalização radiométrica em bloco e ajustes de iluminação por efeméride solar, resultando em imagens com ajustes que contribuem para as fases seguintes.

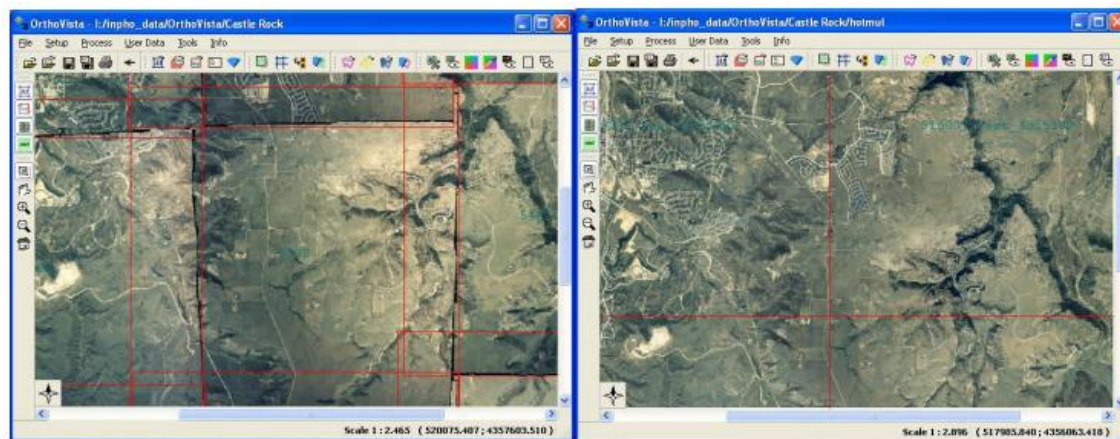
A equalização da radiometria tem como objetivo homogeneizar a tonalidade de cores, luminosidade e brilho de cada imagem e evitar a visualização de imperfeições de cores nas áreas de linhas de corte. Para este processo optou-se pelo software Orthovista da fabricante INPHO.

Basicamente, a edição das imagens seguiu as seguintes etapas:

- Ajuste de hotspots, efeito de vinheta e bordas;
- Normalização de histogramas em bloco e homogeneização dos níveis brilho e contraste.

Os ortofotomosaicos resultantes foram entregues em formato digital IMG, articulados em blocos. Concomitantemente, foram entregues as Pirâmides de Layers (arquivos RRD).

O controle de qualidade desta fase teve início com a avaliação dos ortofotomosaicos sob o aspecto radiométrico em bloco. Posteriormente foi realizada uma varredura nas áreas de superposição e linhas de corte, que servem como guias para avaliação e para identificação de discrepâncias radiométricas e/ou geométricas.



Exemplo de processo de tratamento radiométrico (INPHO OrthoVista Reference Manual)

Para avaliação geométrica, utilizou-se a superposição da hidrografia e de todos os pontos HV e de controle, a fim de se identificar quaisquer inconsistências e desvios entre o ortofotomosaico e os elementos identificados e/ou restituídos.

MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA

O mapeamento da cobertura vegetal nativa e uso da terra foi efetuado sobre os ortomosaicos utilizando procedimentos de análise interpretativa (fotointerpretação) e vetorização manual de limites entre classes de uso e cobertura do solo identificados nas ortoimagens. Para esta etapa foi usado o software ArcGIS. Foram entregues duas versões do mapeamento da cobertura vegetal nativa e uso da terra, usando ortofotomosaicos gerados em épocas distintas, 2007-2008, com resolução espacial de 1.00 m, e 2012-2015, com resolução espacial de 0.25 m.

O mapeamento da cobertura vegetal nativa e uso da terra foi representado por polígonos adjacentes submetidos a processo de validação topológica, objetivando não só o correto fechamento dos polígonos como mitigando a sobreposição e o aparecimento de espaços vazios entre os mesmos. O tamanho mínimo dos polígonos mapeados foi de 0,50 hectare e o índice de acerto mínimo do mapeamento de 90%, com a apresentação de relatório comprovando que as metas de acerto foram atingidas. Foram realizadas atividades de campo para discriminação de quaisquer dúvidas na identificação das classes de mapeamento, com o registro fotográfico e das coordenadas da área a ser averiguada, compondo um relatório de vistoria.

Cada feição ou polígono representado como uma classe de uso e cobertura da terra tem os seguintes atributos alfanuméricos associados:

- Código numérico único da classe de uso e cobertura da terra;
- Classe de uso e cobertura da terra, recebendo um dos seguintes valores:
 - Mata Nativa;
 - Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração;
 - Mangue;
 - Restinga;
 - Brejo;
 - Solo Exposto;
 - Macega;
 - Campo rupestre/altitude;
 - Mineração;
 - Afloramento Rochoso;
 - Reflorestamento – Eucalipto;
 - Reflorestamento – Seringueira;
 - Reflorestamento – Pinus;
 - Cultivo Agrícola – Café;
 - Cultivo Agrícola – Cana-de-Açúcar;
 - Cultivo Agrícola – Abacaxi;
 - Cultivo Agrícola – Mamão;
 - Cultivo Agrícola – Coco-da-Baía;
 - Cultivo Agrícola – Banana;
 - Cultivo Agrícola – Outros Cultivos Permanentes;
 - Cultivo Agrícola – Outros Cultivos Temporários;
 - Pastagem;
 - Massa d'Água;
 - Área Edificada; e
 - Outros.
- Valor da área do polígono ou fragmento do mapa de uso e cobertura da terra (m²);
- Perímetro do polígono ou fragmento do mapa de uso e cobertura da terra (m).

Os arquivos contendo as bibliotecas de classes referentes ao mapeamento da cobertura vegetal nativa e uso da terra baseados nas imagens de 2007-2008 e 2012-2015 estão disponíveis em anexo.

ANÁLISE DA PRECISÃO

Para a determinação da exatidão planimétrica e altimétrica das folhas de Restituição e Ortofotomosaicos digitais, foram aplicados testes classificatórios fundamentados no decreto 89.817 de 20/06/84 – DOU. Para se configurar uma amostra quantitativa e qualitativamente representante do universo dos erros e sem tendenciosidade, foi determinado em campo nos corredores fotografados um pequeno conjunto de pontos de controle, a fim de aplicar rotinas de classificação do produto final como classe “A” de acordo com o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica).

PARÂMETROS DE PRECISÃO

O decreto 89.817 de 20 de junho de 1984 estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Em síntese este decreto define os principais conceitos e os aspectos de precisão aceitos para trabalhos de cartografia em território nacional (Brasil). Entre estes conceitos o Padrão de Exatidão Cartográfica e o Erro Padrão são básicos para trabalhos de entrada de dados e até mesmo para controle de qualidade final do projeto.

PARÂMETROS DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA

Conforme a escala do trabalho, a escala da carta utilizada ou mesmo para a escala de um projeto admite-se um erro de posicionamento das feições gráficas conhecido como Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). O PEC está diretamente ligado à classificação de uma carta quanto à sua exatidão.

Art. 8 – Classificação de uma carta quanto à exatidão.

- 1) 90% dos pontos bem definidos, quanto testados no terreno não deverão apresentar erro superior ao PEC-Planimétrico.
- 2) 90% dos pontos isolados da altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC-Altimétrico.

§1º O PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

§2º A probabilidade de 90% corresponde a 1,6446 vezes ao Erro Padrão (EP). Ou seja $PEC = 1,6449 EP$.

§3º O EP isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

Art. 9 – Classificação das Cartas

PEC Classe “A”

Planimétrico:

$PEC = 0,5mm$ na escala da carta

$EP = 0,3mm$ na escala da carta

Altimétrico:

$PEC = 1/2$ da equidistância entre as curvas de nível

EP = 1/3 da equidistância entre as curvas de nível

Em resumo define-se que o EP consiste no erro aceitável para elementos isolados na carta e o PEC o erro total, considerando uma amostra dos erros individuais, para a carta. Utilizam-se estes parâmetros como forma de manter a confiabilidade dos dados de entrada e durante a manipulação gráfica dos mesmos.

Assim sendo, para as cartas Classe A (Feições Gráficas Planimétricas):

<i>Escala</i>	<i>1cm na carta</i>	<i>1mm na carta</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>PEC</i>
1:1.000	10 m	1 m	00,3 m	00,5 m
1:2.000	20 m	2 m	00,6 m	01,0 m
1:5.000	50 m	5 m	01,5 m	02,5 m
1:10.000	100 m	10 m	03,0 m	05,0 m
1:25.000	250 m	25 m	07,5 m	12,5 m
1:50.000	500 m	50 m	15,0 m	25,0 m
1:100.000	1000 m	100 m	30,0 m	50,0 m
1:250.000	2500 m	250 m	75,0 m	125,0 m
1:500.000	5000 m	500 m	150,0 m	250,0 m