

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ÉDER LUÍS DA SILVA RODRIGUES

**ESTUDO SOBRE A FISILOGIA DA PAISAGEM DO AREAL DO CERRO DA
ESQUINA NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS – RS**

Porto Alegre
2018

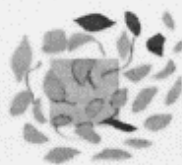
ÉDER LUÍS DA SILVA RODRIGUES

**ESTUDO SOBRE A FISIOLOGIA DA PAISAGEM DO AREAL DO CERRO DA
ESQUINA NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS – RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Geografia como requisito para
a obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientadora: Prof^a Dra Dirce Maria Antunes Suertegaray

Porto Alegre
2018



ATA PARA ASSINATURA Nº 32

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geografia
GEOGRAFIA - Mestrado Acadêmico
Ata de defesa de Dissertação

Aluno: Éder Luís da Silva Rodrigues, com ingresso em 21/03/2016

Título: **Estudo sobre a Fisiologia da Paisagem do Areal do Cerro da Esquina no Município de São Francisco de Assis - RS**

Orientador: Profª Drª Dirce Maria Antunes Suertegaray

Data: 16/10/2018

Horário: 14:00

Local: Sala 208C - Prédio 43.113 - Instituto de Geociências - Campus do Vale

<u>Banca Examinadora</u>	<u>Origem</u>
Marcos Wellausen Dias de Freitas	UFRGS
Rafael da Rocha Ribeiro	UFRGS
Claudio Wilson Mendes Junior	UFRGS

Porto Alegre, 16 de outubro de 2018.

<u>Membros</u>	<u>Assinatura</u>	<u>Avaliação</u>	<u>Indicação de Voto de Louvor</u>
Marcos Wellausen Dias de Freitas		APROVADO	SIM
Rafael da Rocha Ribeiro		APROVADO	SIM
Claudio Wilson Mendes Junior		APROVADO	SIM

Conceito Geral da Banca: ()

Correções solicitadas: () Sim () Não

Indicação de Voto de Louvor: () Sim () Não

Observação: Esta Ata não pode ser considerada como instrumento final do processo de concessão de título ao aluno.

Avaliação: aprovado ou reprovado.

Aluno

Orientador

CIP - Catalogação na Publicação

Rodrigues, Éder Luís da Silva Estudo sobre a fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina no município de São Francisco de Assis - RS / Éder Luís da Silva Rodrigues. -- 2018.

153 f.

Orientador: Dirce Maria Antunes Suertegaray.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Arenização. 2. Geomorfologia. 3. Fisiologia da paisagem. 4. VANT. 5. Structure from motion. I. Suertegaray, Dirce Maria Antunes, orient. II. Título.

Para Ana Luísa

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com a ajuda de muitas pessoas, sem essa ajuda acredito que tudo teria sido muito mais difícil. Chega a ser impossível nominar todos que contribuíram de alguma forma, mas algumas pessoas sem dúvida tiveram uma grande importância. Por esta razão, inicio agradecendo a minha filha, Ana Luísa e a minha família. A Ana foi sempre motivo de inspiração e de motivação para continuar estudando, principalmente nesse último ano, quando passamos por tantas coisas juntos. Agradeço também aos meus pais, Mara e Elifas, às minhas irmãs Letícia e Laís, assim como todos que sempre me estimularam. Agradeço especialmente minha tia Marilene, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis. Da mesma forma não poderia deixar de mencionar quatro pessoas que não estão mais entre nós, mas que foram muito importantes: minha Avó Geni, meu avô Assis, meus tios Assis e Rogério.

Agradeço a minha Orientadora, Professora Dirce Suertegaray, pela sua amizade, por todas orientações e conselhos, interpretações e pelo aprendizado que me proporcionou nesses dois anos de pesquisa.

Agradeço à Maíra Rossato por toda paciência e auxílio na revisão do texto e pelos momentos alegres que temos passado juntos assim como a Dandara e a Anahí pela companhia nesta reta final.

Nos trabalhos de campo, tive a ajuda do Maximiliano Paschoalotti Messa, meu ex colega do curso técnico de hidrologia e hoje também colega geógrafo que deu um apoio crucial no primeiro trabalho de campo. Nessa ocasião, agradeço também aos professores do departamento de Geografia: prof^a Kátia Kellem da Rosa e professor Roberto Verdum, que gentilmente permitiram que eu pudesse fazer os primeiros testes no areal do cerro da Esquina durante o trabalho de campo da sua disciplina da graduação Geomorfologia e Ambiente I. Agradeço a ajuda do Genilson Nunes, à época estudante de graduação de Geografia e hoje Licenciado em Geografia, pela ajuda no segundo e terceiro trabalho de campo, assim como ao meu primo Gabriel Costa que nos acompanhou no trabalho de campo em setembro de 2016. No terceiro trabalho, tive a contribuição do Francisco Witt e no quarto da Márcia Hoffart, hoje engenheiros cartógrafos que tiveram toda paciência de caminhar por horas pelo areal do Cerro da Esquina, ora operando os rastreadores GNSS, ora sinalizando ou recolhendo os alvos em dias muito quentes e de chuva. Agradeço, também, ao ex-bolsista do LACAP-Laboratório de Cartografia Aplicada, Vinícius Caixeiro pela ajuda no processamento dos dados GNSS dos primeiros levantamentos.

Não poderia deixar de agradecer aos colegas do Departamento de Geodésia, aos técnicos Robson dos Santos Aquino, que muito contribuiu com sugestões ao longo do trabalho, seja na execução dos levantamentos, nos métodos de rastreamento, no processamento e no ajustamento dos dados obtidos; e as minhas colegas de sala Ruth Coitinho Pinto e Flávia Renata Boyen. Agradeço, também, aos professores que contribuíram com sugestões e questionamentos a respeito do trabalho: professores Cláudio Wilson Mendes Jr. e Rafael da Rocha Ribeiro pelo empréstimo do VANT e das licenças dos softwares de processamento, e por me incentivarem e estimularem a fazer um trabalho com uma consistente coleta de dados primários. Agradeço ao Professor Felipe Nievinsky pelas dicas de operação dos receptores GNSS e aos demais professores do Departamento de Geodésia e do Instituto de Geociências que contribuíram para a realização da pesquisa, especialmente a professora Andrea Lopes Iescheck, professor Ronaldo Santos Rocha, professor Elírio Toldo Jr. e professor Ricardo Baitelli. Agradeço pelo apoio institucional da direção do Instituto de Geociências através do diretor professor André Sampaio Mexias e do vice-diretor professor Nelson Gruber, assim como da chefia do Departamento de Geodésia professoras Andrea Ritter Jelinek e Flávia Farina.

Agradeço aos amigos do Zumbi dos Palmares – Pré-Vestibular Popular, especialmente à professora Enilza Garcia, ao Marcos Padoim e ao Márcio Fernandes.

Agradeço aos colegas da CTB – UFRGS, por durante décadas defenderem uma UFRGS pública gratuita e de qualidade.

—Entre los pecados mayores que los hombres cometen, aunque algunos dicen que es la soberbia, yo digo que es el desagradecimiento ateniéndome a lo que suele decirse: que de los desagradecidos está lleno el infierno.

Don Quijote de la mancha Cap. LVIII

RESUMO

A presente pesquisa estudou a dinâmica dos processos de arenização atuantes no areal do Cerro da Esquina, no município de São Francisco de Assis - RS pela perspectiva da fisiologia da paisagem proposta por Ab'Saber em 1969. O recorte temporal do estudo foi de um ano, de junho de 2016 a março de 2017. Nesse período foram realizados quatro trabalhos de campo, no final de cada estação do ano, nos quais foram efetuados levantamentos aerofotogramétricos com um veículo aéreo não tripulado. A partir dos produtos cartográficos obtidos, foram identificadas as principais micro-feições de relevo e realizada a compartimentação do areal em cinco setores de acordo com a sua drenagem. Tais compartimentos foram analisados e caracterizados de acordo com os processos atuantes. A partir da análise minuciosa de cada setor, foi elaborado um mapa síntese da fisiologia da paisagem do areal. Durante o período estudado, observou-se que os processos de erosão, transporte e deposição de origem hídrica foram os predominantes na maior parte do areal. Em relação à área ocupada pelo areal, observou-se que esta não sofreu alteração significativa, ou seja, areal manteve-se estável. Não foram observados avanços significativos da mancha de areia em direção ao campo, nem o contrário – avanço do campo sobre o areal. Considera-se, por fim, que o monitoramento com a utilização de VANT apoiado por outras técnicas de levantamento topográfico é muito eficiente em pesquisas como a que foi realizada, pois permite o levantamento de um grande volume de informações com qualidade cartográfica, com menores custos e com resolução temporal variável de acordo com os objetivos da pesquisa.

Palavras-chave: Arenização; Geomorfologia; fisiologia da paisagem; VANT; *Structure from motion*

ABSTRACT

The present research has studied the dynamics of sand forming process in sandspot of Cerro da Esquina, in São Francisco de Assis – RS under the perspective of the physiology studies of landscapes proposed by Ab'Saber in 1969. The time frame for the study was one year – from June, 2016 to March, 2017 –, in which were performed four aerophotogrammetric surveys through unmanned aerial vehicle, one survey at the end of each season of the year. Based on the cartographic data obtained, it was possible to identify the main micro features of relief and the area was compartmentalized in five sections, according to its drainage process. The compartments were analyzed and described according to the processes active in them. A sintesys map of the physiology of the areal landscape was created based on a detailed analysis of each section. During the time frame of the study, the data showed that the processes prevailing in the major part of the area were erosion, transportation and deposition with hydric origins. In what regards the total area occupied by the areal, it didn't suffer any significant changes, what means it kept stable. There were not found significative advances in sandspots towards the surrounding meadow, nor the opposite – from the meadow towards the areal. Lastly, there are strong indications that monitoring an area with unmanned aerial vehicle and the support of other techniques of topographic survey is highly efficient in researches like the present study, once it enables a large data collection with cartographic quality, with lesser costs and the adequate variable temporal resolution according to the objectives of the research.

Key words: sandnization ; geomorphology; physiology of the landscape; UAV;

Structure from motion

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo. Elaborado pelo autor.....	16
Figura 2 – Fotografia aérea da área de estudo - vista oeste – Éder Rodrigues – JUN/2016. ..	17
Figura 3– Vista Sudoeste do areal do cerro da Esquina em Outubro de 2008 – Éder Rodrigues Out/2008.....	18
Figura 4 - Gráfico relacionando os custos, velocidade de aquisição de pontos, extensão espacial, resolução espacial e precisão de diferentes métodos de levantamentos topográficos – adaptado de Carrivick <i>et al.</i> (2016); p. 25.	24
Figura 5 - VANT multirotor modelo DJI Phantom 3. Foto do autor (Fev/2017).....	26
Figura 6 – Receptor GNSS de navegação Garmin 72H . Foto do autor (Set/2016).....	27
Figura 7 – Receptor GNSS Geodésico Topcon Hiper Lite plus. Foto do autor (Fev/2017). ...	28
Figura 8 – Par de receptores GNSS Geodésico modelo <i>Topcon Hiper Lite plus</i> montados em um tripé com base nivelante e bipé e bastão de fibra de carbono. Foto do autor (Jun/2016)...	28
Figura 9 – Coletora Topcon FC-250. Foto do autor (Fev/2017).	29
Figura 10 – Estação Total TOPCON – GPT7500 – Foto do autor (Fev/2017).....	29
Figura 11 - Câmera fotográfica Canon t3i – foto do autor (Mar/2016).....	30
Figura 12 – Localização da Estação pluviométrica ponte do Miracatu. Elaborado pelo autor.	31
Figura 13 – Boletins pluviométricos mês de Janeiro de 2016 das Estações Ponte do Miracatu e Jacaquá. Foto do autor (Fev/2017).	32
Figura 14 – Mapa com a localização dos pontos de controle implantados no areal do Cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.....	36
Figura 15 – Captura de tela do software Ground Station Pro exemplificando um plano de voo no areal do cerro da esquina. O polígono azul represente a área que será mapeada enquanto as linhas verdes representam a linha de voo que será percorrida pelo VANT. Elaborado pelo autor.....	37
Figura 16 – Ocupação e rastreo de ponto de controle com auxílio de receptor GNSS (à esquerda) e detalhe do alvo de vinil (à direita). Fotos do autor (Out/2016).....	38
Figura 17 - Ocupação e rastreo de ponto de controle no quarto trabalho de campo. Foto do autor (Mar/2017).	39
Figura 18 – Plano de voo ajustado e pronto para ser executado – captura de tela do software map pilot iOS. Elaborado pelo autor.	40
Figura 19 – Fotografias (polígonos em azul) e pontos de controle (pontos amarelos) no areal do Cerro da esquina. Elaborado pelo autor.....	40
Figura 20 – Etapas do processamento dos dados. Elaborado pelo autor.....	41
Figura 21 – Fotografias georreferenciadas carregadas no software de modelagem 3d. Elaborado pelo autor.....	41
Figura 22 – Fotos alinhadas e nuvem de pontos esparsa. Elaborado pelo autor.	42
Figura 23 – Inserção dos pontos de controle (GCP's). Elaborado pelo autor.	43
Figura 24 - Nuvem de pontos densa e pontos de controle. Elaborado pelo autor.	43
Figura 25 – Malha ou 3d mesh texturizada. Elaborado pelo autor.....	44
Figura 26 - O modelo digital de elevação com resolução espacial de 15cm. Elaborado pelo autor.....	45
Figura 27 – Ortofotomosaico com resolução espacial de 5cm. Elaborado pelo autor.	46
Figura 28 – Principais feições analisadas para estudar a fisiologia do Areal do Cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.....	48
Figura 29 - Compartimentação do areal para análise. Elaborado pelo autor.....	49
Figura 30 – Traçado dos interflúvios e talvegues do levantamento realizado em junho de 2017 utilizado como parâmetro para compartimentação do areal. Elaborado pelo autor.	49

Figura 31 – Traçado dos interflúvios e talvegues do levantamento realizado em marcos de 2017 utilizado como parâmetro para compartimentação do areal. Elaborado pelo autor.	50
Figura 32 - Características do Areal do Cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.....	51
Figura 33 - perfis transversais no areal do Cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.	52
Figura 34 – Comparação entre as médias mensais de 1986 a 2016 e a média mensal de chuva no ano de 2016.....	53
Figura 35 – Gráficos de chuva acumulada por trimestre na estação Ponte do Miracatu.....	54
Figura 36 - Ortofotomosaico obtido no levantamento 01 em junho de 2016. Elaborado pelo autor.....	57
Figura 37 - Relevo sombreado do MDS obtido no levantamento 01 em junho de 2016. Elaborado pelo autor.....	58
Figura 38 - Ortofotomosaico obtido no levantamento 02 em setembro de 2016. Elaborado pelo autor.....	59
Figura 39 - Relevo sombreado do MDS obtido no levantamento 02 em setembro de 2016. Elaborado pelo autor.....	60
Figura 40 – Ortofotomosaico 1 obtido no levantamento 03 em dezembro de 2016. Elaborado pelo autor.	61
Figura 41 - Ortofotomosaico 2 obtido no levantamento 03 em dezembro de 2016. Elaborado pelo autor.....	62
Figura 42 - Relevo sombreado do MDS obtido no levantamento 03 em dezembro de 2016. Elaborado pelo autor.....	63
Figura 43 – Ortofotomosaico 1 obtido no levantamento 04 em março de 2017. Elaborado pelo autor.....	64
Figura 44 - Ortofotomosaico 2 obtido no levantamento 04 em março de 2017. Elaborado pelo autor.....	65
Figura 45 - Relevo sombreado do MDS obtido no levantamento 04 em março de 2017. Elaborado pelo autor.....	66
Figura 46 - Compartimentação do areal. Elaborado pelo autor.....	67
Figura 47 - Compartimento 01. Elaborado pelo autor.....	68
Figura 48 - Compartimento 01 com fundo de relevo sombreado. Elaborado pelo autor.	69
Figura 49 - Compartimento 02. Elaborado pelo autor.....	70
Figura 50 - Compartimento 02 e Subcompartimentos. Elaborado pelo autor.	70
Figura 51 - Compartimento 3. Elaborado pelo autor.....	71
Figura 52 - Compartimento 3 e subcompartimentos A e B. Elaborado pelo autor.	72
Figura 53 - Compartimento 4 - Elaborado pelo autor.	73
Figura 54 - Compartimento 4 e subcompartimentos. Elaborado pelo autor.....	73
Figura 55 - Compartimento 5. Elaborado pelo autor.....	74
Figura 56 - Compartimento 5 e subcompartimentos. Elaborado pelo autor.....	75
Figura 57- Mapa síntese da fisiologia da paisagem do areal do cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.....	76
Figura 58 – Sulcos, ravinas e forma convexa no início da rampa logo abaixo do cerro da Esquina. Foto do autor (Mar/2017).	77
Figura 59 - Demoiselle no setor I. Foto do autor (Dez/2016)	78
Figura 60 - Vista Sudeste do areal do Cerro da Esquina – processo de deflação durante um dia de vento. Foto do autor (Jul/2017)	78
Figura 61 - Vista Norte-Sul do setor II: micro relevos testemunhos e processo de deflação. Foto do autor (Jul/2017).	79
Figura 62 - Micro relevo testemunho no norte do areal. Foto do autor (Dez/2016).	79
Figura 63 - Micro relevo testemunho no sul do areal. Foto do autor (Dez/2016).	79
Figura 64 - Leque deposicional ativo no setor III. Foto do autor (Mar/2017).	80

Figura 65 - Duna no limite do areal. Foto do autor (Dez/2016).....	81
Figura 66 - Duna no limite do areal - vista Leste-Oeste. Foto do autor (Mar/2017).....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Chuva acumulada mensal – Estação Ponte do Miracatu	33
---	----

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CPRM - SGB	Cia. de Pesquisas de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
MDE	Modelo digital de elevação
MDS	Modelo digital de superfície
MDT	Modelo digital de terreno
MVS	<i>Multi view Stereo</i>
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
SfM	<i>Structure from motion</i>
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
LiDAR	<i>Light Detection And Ranging</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UTM	<i>Universal Transverse of Mercator</i>
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
WGS84	<i>World Geodetic System 1984</i>

SUMÁRIO

Introdução.....	15
1 Arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul e o estudo da fisiologia da paisagem	20
1.1 Arenização	20
1.2 Fisiologia da paisagem e a questão da escala na análise geomorfológica	21
1.3 SfM – MVS - Structure from motion e Multiview Stereo	23
2 Materiais e Métodos	26
2.1 Materiais	26
2.1.1 VANT – Veículo Aéreo Não tripulado	26
2.1.2 Equipamentos Topográficos e Geodésicos.....	27
2.1.2.1 Receptores GNSS	27
2.1.2.2 Estação Total.....	29
2.1.3 Outros equipamentos	30
2.1.4 Dados pluviométricos	30
2.1.5 Softwares	34
2.2 Métodos	34
2.2.1 Coleta e processamento dos dados de campo.....	34
2.2.1.1 Levantamentos aerofotogramétricos com VANT.....	34
Planejamento	35
Execução.....	37
Processamento	40
A. Conferência e carregamento das fotografias	41
B. Alinhamento das Câmeras.....	42
C. Inserção dos pontos de controle	42
D. Construção da nuvem de pontos densa	43
E. Construção da malha 3d e Aplicação de textura	43
F. Construção do MDE.....	45
G. Construção do Ortofotomosaico.....	46
H. Exportação dos resultados	47
2.2.2 Análise dos dados para estudo da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina 47	
3 Resultados.....	51
3.1 Características gerais do areal do Cerro da Esquina.....	51
3.2 Caracterização pluviométrica do ano experimental.....	53
3.3 Produtos cartográficos obtidos a partir dos levantamentos	55
3.4 Resultado da análise da fisiologia da paisagem no Areal do Cerro da Esquina	67
4 Considerações.....	82
REFERÊNCIAS	84
APÊNDICE I – Relatórios dos processamentos dos pontos de controle.....	86
APÊNDICE II – Relatórios dos processamentos dos levantamentos aerofotogramétricos.....	99

INTRODUÇÃO

Estudos sobre o processo de arenização no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul tem sido realizados desde o ano de 1987 a partir da tese de doutorado de Suertegaray intitulada *A trajetória da Natureza: Um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí- RS* (SUERTEGARAY, 1987). A presente pesquisa estudou a dinâmica dos processos de arenização atuantes no areal do Cerro da Esquina, no município de São Francisco de Assis - RS pela perspectiva da fisiologia da paisagem sugerida por Ab'Saber em 1969 (AB'SABER, 1969). Entende-se como a fisiologia da paisagem do areal, como os mecanismos de erosão, transporte e deposição de sedimentos que atuam no areal e qual a sua distribuição espacial e temporal ao longo do período observado. Sabe-se através dos estudos de Suertegaray & Verdum (2012), Verdum & Soares (2010) e Castro (2006), que o areal do Cerro da Esquina possui um comportamento pulsante, em períodos de estiagem expande e em períodos chuvosos se retrai.

O recorte temporal da investigação foi o período compreendido entre junho de 2016 e junho de 2017, denominado como ano experimental. Foram realizados quatro trabalhos de campo, sempre em períodos de troca de estações, isto é em junho – final do outono e antes do início do inverno de 2016, no início de setembro de 2016 – final do inverno e início da primavera de 2016 – no início de dezembro de 2016 – fim da primavera e antes do início do verão e no início de março de 2017 – fim do verão e início do outono.

O Objetivo geral da pesquisa consistiu em compreender a fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina (São Francisco de Assis, RS) em escala de grande detalhe, utilizando metodologia que emprega técnicas de *Structure from Motion* e *Multi-View Stereo* – SfM-MVS e de geoprocessamento ao longo do ano experimental.

Como objetivos específicos foram tidos:

- Mapear a área do areal ao longo do ano experimental, uma vez a cada final de estação do ano;
- Identificar feições que caracterizem os fenômenos de erosão, transporte e deposição, relacionando-os com o tipo de mecanismo predominante (hídrico ou eólico);
- Relacionar a pluviosidade com a retração/expansão do areal e levantar dados de pluviosidade da estação Ponte do Miracatu;
- Sistematizar uma metodologia de monitoramento da movimentação do areal, utilizando VANT e técnicas de *Structure from Motion* e *Multi-View Stereo* – SfM-

MVS que seja precisa, acurada e de baixo custo para o estudo da fisiologia dos areais do sudoeste do RS.

Área de Estudo

A área de estudo é o areal do Cerro da Esquina que se encontra distante 5 quilômetros a noroeste da sede do município de São Francisco de Assis, na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1, Figura 2 e Figura 3).

O areal ocupa uma área de 11,7 hectares (considerando-se a área onde iniciam-se os sulcamentos e termina nos limites dos leques deposicionais situados no setor mais a jusante) em uma propriedade rural de 92 hectares, sendo 87 hectares compostos por campos e coxilhas e 3 hectares constituídos por relevos tabulares residuais com topos compostos de arenitos silicificados denominados morros testemunhos (VIEIRA 2012).

Localização do Areal do Cerro da Esquina em São Francisco de Assis - RS

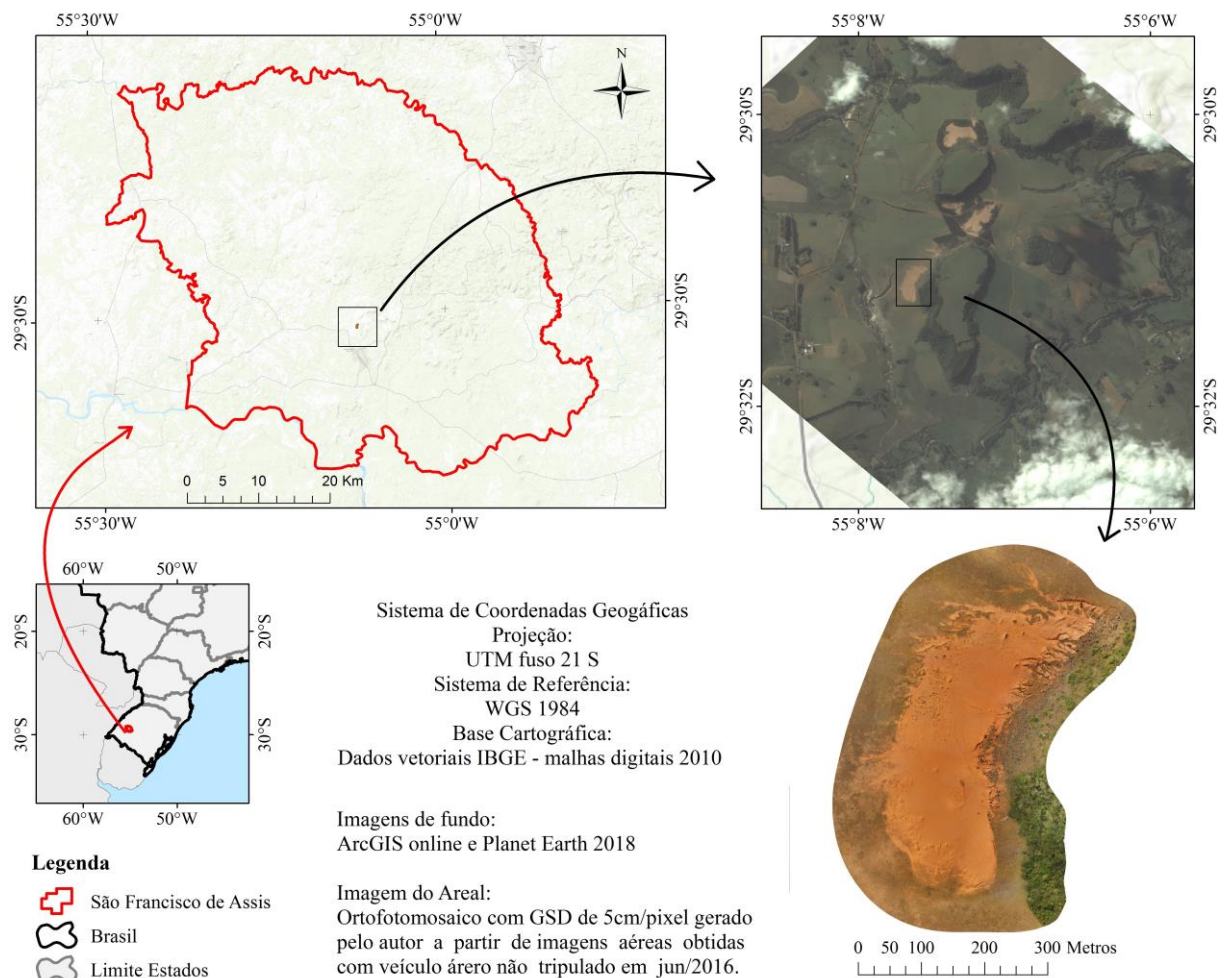


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo. Elaborado pelo autor.

Estes arenitos, segundo mapeamento publicado pela CPRM-SGB em 2008 (WILDNER *et al.* 2008) fazem parte da formação Guará. Scherer & Lavina (2005) apontam

que essa formação tem origem neojurássica resultado de uma sucessão de mudanças climáticas que intercalaram períodos úmidos com períodos de aridez. Ainda de acordo com GUASSELLI et al 2010 apresenta fácies caracterizadas pelas sucessões de deposição fluvial e de formação de dunas com diferentes graus de coesão causados principalmente por óxido de ferro e sílica.

O areal situa-se logo abaixo da vertente oeste de um morro testemunho em uma rampa. A Figura 1 ilustra a localização do areal do Cerro da Esquina no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, no município de São Francisco de Assis, sua localização em relação aos morros testemunhos dos arredores e uma visão local do areal.

A atividade econômica principal da propriedade é a pecuária de corte praticada de forma extensiva nos campos nativos. Em áreas adjacentes há plantio de melancia, soja, milho e pastagem cultivada (VIEIRA, 2012). Mais recentemente, houve cultivo de eucalipto na face norte do morro testemunho e de soja em seu topo plano.



Figura 2 – Fotografia aérea da área de estudo - vista oeste – Éder Rodrigues – JUN/2016.



Figura 3– Vista Sudoeste do areal do cerro da Esquina em Outubro de 2008 – Éder Rodrigues Out/2008.

A razão para a escolha do local de estudo apoia-se no fato de que o areal do Cerro da Esquina, por se localizar próximo a um núcleo urbano, apresenta uma série de facilidades em termos de logística, como fácil acesso e lugar para hospedagem. Outro fator que foi levado em consideração na escolha do lugar é que este areal, segundo estudos anteriores, apresenta um movimento pulsante e possui uma área de 17 ha, considerada adequada para levantamentos em escala grande.

Justificativa

Estudos na área dos areais apoiados na geomorfologia tripartite (AB’SABER, 1969) foram desenvolvidos por Suertegaray em 1987. Este método de investigação da geomorfologia propõe a compartimentação, a estruturação da paisagem e o estudo da fisiologia da paisagem. Esta dissertação está focada no terceiro nível de estudo, isto é, na fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina, enfatizando as dinâmicas recentes que atuaram na modelagem do relevo durante o ano experimental – março/2016 a fevereiro/2017. Para Ab’Saber, a geomorfologia moderna neste terceiro nível deve realizar estudos sobre a dinâmica dos processos. Embora o tempo proposto para realização do estudo seja de um ano experimental, durante este período efetuaram-se quatro levantamentos com grande riqueza de detalhes, em que foi possível observar a evolução de formas de relevo.

Desde a tese de Suertegaray em 1987, os areais foram mapeados em escalas 1:500.000 em formato analógico, passando por escalas da ordem de 1:50.000 por Suertegaray, Guasselli e Martins (1993), e mapas elaborados a partir de imagens digitais de satélites, como nos trabalhos de Suertegaray, Guasselli & Weber (1994) e Andrades Filho, Suertegaray & Guasseli (2005). Ainda não tinham sido realizados em uma escala com tamanha riqueza de detalhes, como as proporcionadas pelo uso de VANT e técnicas de SfM-MVS. Desta forma, outra justificativa diz respeito à inovação do trabalho em relação à escala de detalhe sobre o processo de arenização no sudoeste do RS.

O uso de VANT aliado com técnicas de SfM-MVS permitem a elaboração de produtos cartográficos de alta resolução espacial, boa acurácia e um custo relativamente baixo, comparado com outras técnicas equivalentes. Esses produtos cartográficos possibilitam a sofisticação da interpretação das análises geomorfológicas de processos recentes.

1 ARENIZAÇÃO NO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL E O ESTUDO DA FISILOGIA DA PAISAGEM

Neste capítulo serão apresentados os conceitos utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Inicia-se com o conceito do processo de arenização que ocorre no sudoeste do Rio Grande do Sul, passando pelos estudos de fisiologia da paisagem em escalas grandes e terminando com um destaque para a técnica empregada nos levantamentos topográficos utilizados neste trabalho – *Structure from Motion* e *Multiview Stereo*.

1.1 Arenização

Segundo Suertegaray (1987) e Suertegaray, Guasselli & Andrades Filho (2008), “arenização é um processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou nada consolidados que desencadeiam uma dificuldade para a fixação da cobertura vegetal devido à intensa mobilidade de sedimentos, tanto pela ação hídrica, quanto pela ação eólica.”

O conceito de arenização para interpretar a dinâmica dos areais no sudoeste do Rio Grande do Sul tem origem em 1987, a partir dos estudos de Suertegaray em sua tese de doutorado sobre as manchas arenosas que ocorrem no município de Quaraí. Até então, e principalmente desde a década de 70, veiculava-se pela imprensa regional que o que ocorria nessa região do estado era um processo de desertificação baseado em estudos como os de Souto (1985).

Suertegaray (1987) e Verdum (1997) afirmam que estas áreas não se tratam de desertos, pois o índice pluviométrico da região é de 1400 mm por ano, ao contrário dos climas de regiões desérticas onde a média pluviométrica anual gira em torno de 200 mm por ano. Essa alta taxa de pluviosidade indica um clima subtropical. Não há na região uma estação seca bem definida, apesar de ocorrerem períodos de estiagem em diferentes épocas do ano. Portanto, após mais de 30 anos de estudos sobre o tema, sabe-se que o fenômeno da arenização constitui-se de um processo natural que pode ser acentuado pela ação antrópica.

A formação de um areal, de acordo com Suertegaray *et al.* (2005, p. 124), pode ser dividida em três fases:

A primeira tem início por uma fase de esculturação do relevo controlada pelos lineamentos estruturais da área que são capazes de instabilizar determinados locais e originar feições degradacionais cuja evolução seria facilitada pela intensificação da dinâmica hídrica superficial e subsuperficial, instalada preferencialmente ao longo dessas estruturas subjacentes, promovendo, nas médias encostas, a formação de degraus de abatimento.

Em uma segunda fase, correspondente a intensificação do escoamento concentrado superficial e subsuperficial, promove a formação de ravinas e voçorocas e na continuidade do processo desenvolve-se a erosão lateral e regressiva e a jusante depósitos em forma de leques. Para a expansão dos areais, a dinâmica atmosférica local e a variabilidade das chuvas (VERDUM, 1997) são significativas para a geração dos areais. Essas tendem a ser o motor de desencadeamento da arenização, na medida em que as chuvas torrenciais em determinadas épocas, sob condições de fragilidade de cobertura vegetal, tendem a intensificar o escoamento subsuperficial e superficial. Cabe colocar, ainda que, associada a essa dinâmica, em algumas áreas onde ocorrem areais, a atividade humana, sulcando o solo, seja pelo uso intensivo de máquinas pesadas ou atividade pecuária, tende a acelerar o processo.

A terceira fase se constitui na evolução erosiva de ravinas e voçorocas lateralmente e remontante, promovendo a coalescência de depósitos arenosos e originando os areais. Estes, constituindo-se de superfícies arenosas, estão sujeitos a ação dos ventos, o que origina a possibilidade de sua expansão. Observa-se que esta expansão está limitada ao aporte de material do substrato em mobilidade. Por consequência, no limite, os areais poderão se transformar em áreas de afloramento rochoso, como já ocorre em alguns casos, em parcelas interiorizadas desses areais, (SUERTEGARAY, 1987). Constitui, portanto, um processo complexo de degradação dos solos, quando considerada a sua real potencialidade de uso.

Na próxima seção será apresentado o que se entende por fisiologia da paisagem e a questão da escala na análise geomorfológica.

1.2 Fisiologia da paisagem e a questão da escala na análise geomorfológica

Aziz Ab'Saber (1969) propõe que a geomorfologia contemporânea deve seguir um modelo de investigação tripartite, sendo composta em um primeiro nível pela compartimentação da topografia regional, em um segundo nível pela sistematização das informações sobre a estrutura superficial das paisagens e em um terceiro nível pela procura da compreensão da dinâmica da paisagem, isto é, o estudo da fisiologia da paisagem.

No primeiro nível, a compartimentação se dedica aos estudos em escalas pequenas, ou seja, regionais. Por este motivo, utiliza-se de técnicas próprias para que se possa fazer esta compartimentação da melhor maneira, tão exata quanto possível.

Já no segundo nível, os estudos sobre a estrutura superficial da paisagem procuram realizar mesmo que de forma estática, as primeiras aproximações sobre a cronogeomorfologia da paisagem, procurando através das observações dos depósitos geológicos, das feições geomorfológicas antigas e recentes uma primeira aproximação sobre a evolução da paisagem.

No terceiro nível, o da fisiologia da paisagem, procura-se entender a dinâmica dos processos atuantes na paisagem, sejam tanto os processos morfoclimáticos, quanto os processos pedogênicos atuais. Para este terceiro nível, que é o foco do trabalho, se dirige para a funcionalidade atual e global da paisagem. Para entender a fisiologia da paisagem, é necessário apoiar-se em pelo menos nos seguintes conhecimentos: a sucessão habitual do tempo e atuação de fatos climáticos não habituais, a ocorrência de processos espasmódicos, a hidrodinâmica global da área e os processos biogênicos e químicos inter-relacionados. Dessa forma, o estudo da fisiologia da paisagem pressupõe o emprego de recursos técnicos adequados, análises demoradas e observações dos processos em sua plena atividade, tais como no momento de ocorrências de eventos de chuva, em todos tipos de precipitações, períodos de cheias, durante vazantes, no decorrer de todas estações, em épocas de distúrbios climáticos e até em eventuais eventos espasmódicos.

Por outro lado, Kohler (2002) defende que devido à natureza dinâmica dos processos morfogenéticos, a escala na análise geomorfológica deve ser compreendida e aplicada no campo espaço temporal, isto é, naquele em que as três dimensões do espaço euclidiano se modificam ao longo do tempo. Nesse sentido, o autor traz que

quanto menor a escala espacial de observação de um fenômeno geomorfológico contínuo (não catastrófico), mais lenta é sua transformação (dinâmica) e a recíproca é verdadeira. Como exemplo, a deriva continental (pequena escala) é medida em milímetros/ano; a evolução de uma voçoroca (grande escala) é avaliada em metros/anos, enquanto que a de um sulco num paredão calcário (lapiás) é aferida na ordem de grandeza de milímetros/minutos. (KOHLE, 2002, p.22)

Este autor destaca ainda que, embora na maior parte da representação cartográfica seja realizada em planta, ou em perfil, usa-se de técnicas como curvas de nível para representar as elevações do terreno. A evolução dos recursos computacionais permitiram tornar comum o uso de modelos digitais de elevação para este tipo de representação. Contudo, a representação cartográfica dos processos só pode se tornar dinâmica com a utilização da variável tempo. Isso se torna possível, através de uma sucessão de mapas ou com a utilização um mapa síntese, que através de simbologias apropriadas consegue evidenciar as mudanças ocorridas em um dado intervalo de tempo. Ele defende, ainda, que a melhor maneira de se representar uma análise geomorfológica é através da cartografia. O mapa, portanto, torna-se a melhor ferramenta do geógrafo.

Um mapa geomorfológico, com uma boa resolução cartográfica, é um instrumento de leitura universal, acessível a qualquer profissional, mesmo que não geógrafo. Seus elementos devem estar devidamente

georreferenciados no espaço e no tempo, portanto contemplados as quatro dimensões já explicitadas (KOHLENER, 2002, p.25).

A seguir apresentamos os esclarecimentos para compreensão da técnica de levantamento topográfico utilizada na proposta de metodologia experimental deste trabalho – *Structure from Motion e Multiview Stereo*.

1.3 SfM – MVS - Structure from motion e Multiview Stereo

Chama-se *Structure from motion* (SfM) e *Multiview Stereo* (MVS), a técnica de levantamento topográfico que teve origem a partir dos avanços computacionais e da evolução da fotogrametria tradicional. É capaz de produzir nuvens de pontos tridimensionais e georreferenciadas de alta qualidade com um custo reduzido, se comparado a outros métodos tradicionais (CARRIVICK *et al.*, 2016). A partir dessas nuvens de pontos, pode-se extrair uma série de produtos derivados, como Modelos Digitais de Superfície (MDS), Modelos Digitais de Terreno (MDT), ortofotomosaicos, *depth maps*, modelos tridimensionais em estrutura de malha (3D mesh), entre outros.

As técnicas SfM utilizam algoritmos para identificar e validar feições homólogas em imagens digitais sobrepostas de forma automatizada e assim determinar, também, automaticamente os parâmetros de localização, orientação e de calibração de câmera. Baseados nesses parâmetros, é gerado um modelo tridimensional prévio através de uma nuvem de pontos esparsa. Posteriormente, com o uso do MVS, essa nuvem de pontos é refinada e densificada. Por este motivo, adota-se o termo SfM-MVS, com o objetivo de se referir à técnica de forma mais detalhada.

Segundo Carrivick *et al.* (2016) e Smith & Vericat (2015), uma característica importante do SfM-MVS é que tanto em termos de *hardware* e *software*, quanto em relação às etapas para se obter os produtos finais, estes são independentes da escala espacial adotada. Isso significa que, para construir um modelo tridimensional de uma ravina ou de um morro testemunho, as etapas envolvidas são praticamente as mesmas. Outra questão importante diz respeito à densidade, à precisão e à acurácia das nuvens de pontos obtidas, que em muitos casos se assemelham a produtos obtidos com o emprego de modernos lasers scanners terrestres. Contudo, os autores ressaltam que o SfM-MVS ainda se constitui uma técnica de modelagem recente e que apresenta uma série de desafios à sua aplicação no campo da geomorfologia e das geociências.

A seguir apresentam-se algumas considerações acerca das vantagens e desvantagens do SfM-MVS em comparação com outros métodos tradicionais de levantamentos.

A principal vantagem do SfM-MVS em relação a outros métodos de levantamentos é, sem dúvida, a sua relação custo benefício, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 4, elaborado por Carrivick *et al.* (2016, p.25). Para um levantamento simples são necessários apenas uma câmera fotográfica e um microcomputador desktop, pois é possível utilizar softwares livres para o processamento das imagens. Conforme a disponibilidade de recursos e equipamentos, pode-se incrementar a capacidade de mapeamento, tanto em termos de resolução espacial, precisão e acurácia, quanto de tamanho da área a ser levantada.

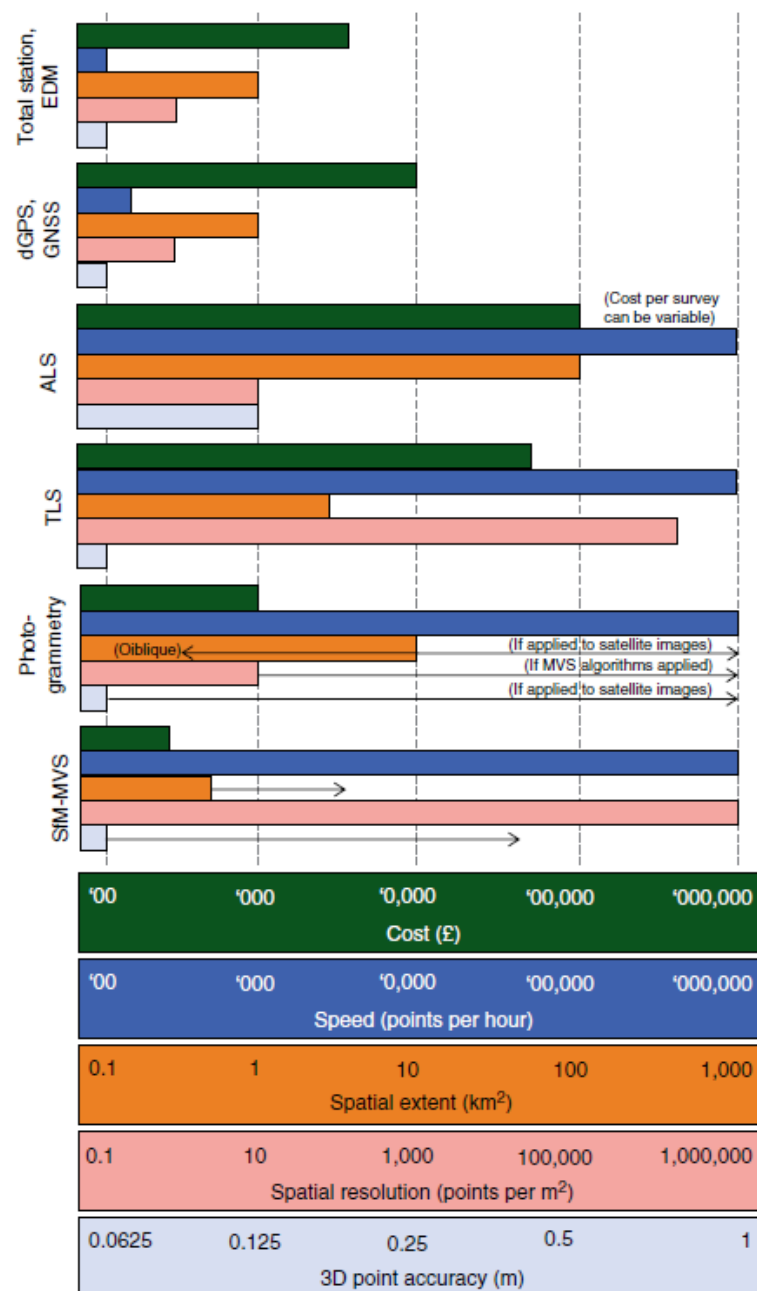


Figura 4 - Gráfico relacionando os custos, velocidade de aquisição de pontos, extensão espacial, resolução espacial e precisão de diferentes métodos de levantamentos topográficos – adaptado de Carrivick *et al.* (2016); p. 25.

Outra característica do SfM-MVS é a obtenção de dados totalmente em 3 dimensões, o que com outros métodos só é possível utilizando-se laser scanners terrestres. Smith & Vericat (2015) trazem que através de SfM-MVS as escalas espaciais para os levantamentos podem variar desde as dimensões de 10^{-2} a 10^6 m², em que o fluxo de trabalho permanece o mesmo independente das escalas espaciais e temporais adotadas. Embora a precisão para estes levantamentos seja dependente da escala de análise, os autores defendem que, com uma aplicação cuidadosa, o SfM-MVS pode oferecer uma precisão razoável como qualquer outro método de levantamento topográfico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, são apresentados os materiais e os métodos empregados para o desenvolvimento deste trabalho. Aqui, optou-se por identificar e descrever com detalhes os materiais e os procedimentos utilizados com o objetivo de sistematizar um caminho para levantamentos em escala de grande detalhe.

2.1 Materiais

2.1.1 VANT – Veículo Aéreo Não tripulado

Os levantamentos foram realizados com uma aeronave do tipo VANT (Veículo aéreo não tripulado) multirotor, equipado com uma câmera fotográfica compacta e não calibrada, montada em um estabilizador de 3 eixos, um *gimball*. O modelo utilizado chama-se *Phantom 3 Advanced* que é fabricado pela empresa DJI (Figura 5). Além dos acessórios originais, foram acoplados protetores para as hélices e um par de extensores para aterrissagem. Optou-se por utilizar estes acessórios depois de uma série de testes realizados em levantamentos experimentais.



Figura 5 - VANT multirotor modelo DJI Phantom 3. Foto do autor (Fev/2017).

A aeronave com todos seus componentes removíveis, bateria e hélices, pesa 1280g. É capaz de realizar voos com velocidade máxima de até 16m/s até uma altura do solo de, no máximo, 500 m e possui autonomia de voo de até 23 minutos. O equipamento é dotado de um sistema inercial que possibilita a tomada de fotografias georreferenciadas e com orientação externa já gravada nos metadados do arquivo de imagem. Os arquivos são armazenados em um cartão micro-SD removível. Este sistema inercial integra-se ao sistema de navegação da

aeronave e compõe-se de acelerômetros, giroscópio eletrônico, distanciômetros de ultrassom, barômetro e receptores GLONASS e NAVSTAR GPS. Isso faz com que a precisão de navegação em boas condições chegue a até a $\pm 1,5\text{m}$ na horizontal e $\pm 0,5\text{m}$ na vertical. A câmera fotográfica possui sensor do tipo CMOS de tamanho 1/2.3” capaz de obter fotografias de 4000x3000 pixels, o que equivale 12,4 megapixels efetivos. O aspecto destas fotografias são de 4:3. A sua lente possui um ângulo de visão de 94° , distância focal de 20mm - equivalente a 35mm -, abertura do diafragma fixa em f2.8 e foco até o infinito. Possui amplitude ISO, para fotografias, de 100 a 1600 e a velocidade do obturador pode variar de 8 a 1/800 segundos. É capaz de armazenar os arquivos em formatos compactados ou não compactados, o que permite uma maior flexibilidade na edição, no caso de variações de luz durante os levantamentos. O estabilizador de três eixos permite, além da estabilização para a tomada das fotografias, que o ângulo possa variar de -90° a $+30^\circ$, sendo que -90° equivale a uma fotografia totalmente perpendicular ao solo.

2.1.2 Equipamentos Topográficos e Geodésicos

2.1.2.1 Receptores GNSS

Os receptores GNSS utilizados foram um receptor GPS de navegação modelo Garmin GPS 72H (Figura 6). Este receptor possui precisão de 5m e foi utilizado para a locação e localização aproximada dos pontos de controle em solo no areal.



Figura 6 – Receptor GNSS de navegação Garmin 72H . Foto do autor (Set/2016).

O outro tipo de receptor GNSS utilizado foi um par do modelo *Topcon Hiper Lite plus* de dupla frequência L1/L2 (Figura 7), assim como seus acessórios: tripés, bipés base

nivelante, bastões e maletas de transporte (Figura 8). Para operação em campo foi utilizada uma coletora modelo FC-250.



Figura 7 – Receptor GNSS Geodésico Topcon Hiper Lite plus. Foto do autor (Fev/2017).

Conforme as especificações do fabricante, o receptor *Topcon Hiper Lite Plus* possui 40 canais de dupla frequência com capacidade de rastrear as constelações NAVSTAR – GPS, GLONASS e GALILEO. Conta com tecnologia RTK com alcance do rádio interno de até 2,5km. Possui tecnologia *bluetooth* para transferência de dados e comunicação com uma unidade controladora externa. Em relação a sua precisão, em modo estático pode alcançar 3mm+0,5ppm horizontal e 5mm+0,5ppm na vertical. Em modo RTK/Cinemático, chega a precisão de 10mm+1 ppm na horizontal e 15mm +1 ppm vertical, e no posicionamento dGPS (*differential GPS*) atinge valores de até 0,25m no modo pós processado e 0,5m em tempo real.



Figura 8 – Par de receptores GNSS Geodésico modelo Topcon Hiper Lite plus montados em um tripé com base nivelante e bipé e bastão de fibra de carbono. Foto do autor (Jun/2016).

A coletora externa FC250 (Figura 9) é um equipamento que facilita a operação do par de receptores *Topcon Hiper Lite plus*. É um *pocket PC* adaptado para uso em campo com equipamentos da marca TOPCON e compatíveis. Roda um software específico, o *TopSurvey 7* que, conectado via *bluetooth* a um dos receptores de cada vez, permite a sua configuração em relação ao método de posicionamento, tempos de rastreo, taxas de gravação entre outros.



Figura 9 – Coletora Topcon FC-250. Foto do autor (Fev/2017).

A coletora possibilita, ainda, o monitoramento em tempo real de parâmetros de rastreo importantes como o PDOP (*Positioning Dilution of Precision*) que é um parâmetro de qualidade para o posicionamento.

2.1.2.2 Estação Total

A estação total utilizada foi da marca TOPCON modelo GPT7500 (Figura 10). Ela possui precisão de 1'' e é capaz de realizar medidas sem prisma a uma distância de até 2000m do alvo.



Figura 10 – Estação Total TOPCON – GPT7500 – Foto do autor (Fev/2017).

2.1.3 Outros equipamentos

Para o desenvolvimento dos trabalhos, foram utilizados, uma câmera fotográfica do tipo DSLR da marca Canon, modelo EOS t3i com lente 18 a 135mm (Figura 11). Também foi utilizado um gerador de 900w Motomil, assim como um inversor de frequência de 150w usado para carregar as baterias de *notebook* e do VANT durante os trabalhos de campo.

Para o processamento das imagens, foi utilizada uma estação de trabalho HP z420, equipada com 32Gb de memória RAM, processador Intel Xeon E5-1650 com 6 núcleos de 3,2GHz e placa de vídeo Nvidia quadro k4000.



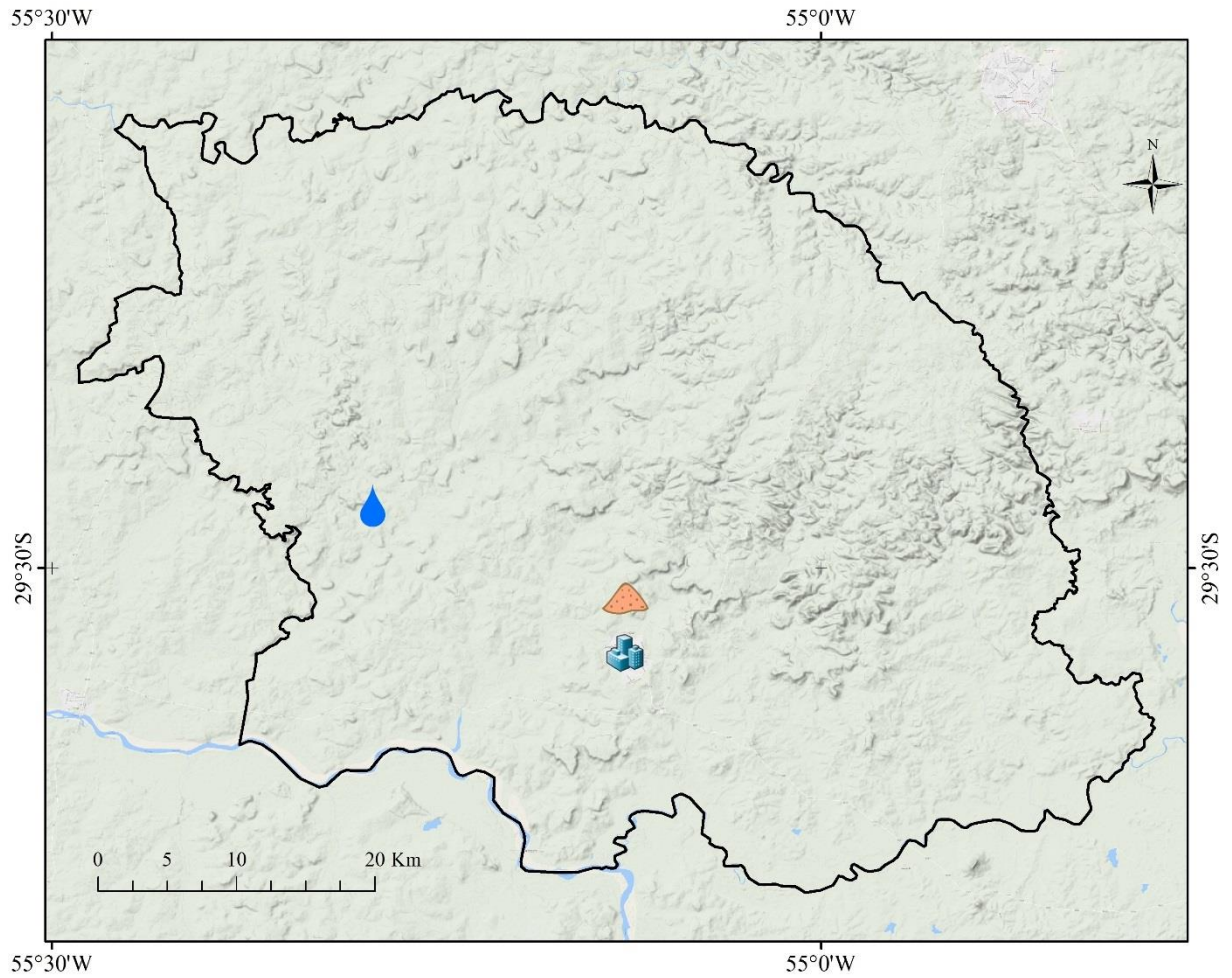
Figura 11 - Câmera fotográfica Canon t3i – foto do autor (Mar/2016).

2.1.4 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos a partir da estação pluviométrica Ponte do Miracatu código P – 02955006. A estação está localizada a 18 quilômetros do Areal do Cerro da Esquina, sendo a estação pluviométrica convencional mais próxima (Figura 12). Esta estação faz parte da Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN mantida pela Agência Nacional de Águas – ANA, operada pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil – CPRM-SGB. Para o período estudado, foram consultados os boletins mensais de chuvas diárias (Figura 13) diretamente na sede da CPRM-SGB na Superintendência Regional de Porto Alegre. Para os anos anteriores os dados foram obtidos através da plataforma Hidroweb, disponível no site da ANA.

Os dados utilizados foram transpostos para a Tabela 1 na forma de chuvas acumuladas mensais. Para fins de cálculos de médias dos dados pluviométricos, na relação com os levantamentos de campo, definiu-se que o ano experimental inicia em março de 2016 e termina em fevereiro de 2017.

Localização da estação pluviométrica Ponte do Miracatu e do Areal do Cerro da Esquina em São Francisco de Assis - RS



Legenda

- | | |
|---|---|
|  São Francisco de Assis |  Limite do município |
|  Areal do Cerro da Esquina |  Estação Pluviométrica Ponte do Miracatu |

Figura 12 – Localização da Estação pluviométrica ponte do Miracatu. Elaborado pelo autor.

CPRM		ALTURAS DIÁRIAS DE CHUVA (mm)			
SUREG	MÊS/ANO	CÓDIGO	ROTA		
2-0-A	Janeiro 2016	02955006-4			
ESTACÃO	SUB-BACIA	MUNICÍPIO			
Ponte do Miracatu	70	São Francisco do			
DIA	7 HORAS	CORREÇÃO	ANOTAÇÕES		
01	0.0				
02	0.0				
03	0.0				
04	0.0				
05	34.0				
06	0.0				
07	0.0				
08	0.0				
09	0.0				
10	0.0				
11	0.0				
12	0.0				
13	0.0				
14	0.0				
15	0.0				
16	0.0				
17	0.0				
18	0.0				
19	0.0				
20	0.0				
21	0.0				
22	0.0				
23	0.0				
24	0.0				
25	2.2				
26	0.0				
27	0.0				
28	0.0				
29	1.2				
30	0.0				
31	0.0				
OBSERVADOR/NOME:					

CPRM		ALTURAS DIÁRIAS DE CHUVA (mm)			
SUREG	MÊS/ANO	CÓDIGO	ROTA		
20A	JANEIRO 2016	02955016-04			
ESTACÃO	SUB-BACIA	MUNICÍPIO			
JACAQUÁ	76	ALEGRETE			
DIA	7 HORAS	CORREÇÃO	ANOTAÇÕES		
01	0.0				
02	0.0				
03	0.0				
04	0.0				
05	0.0				
06	0.0				
07	0.0				
08	0.0				
09	0.0				
10	0.0				
11	0.0				
12	0.0				
13	12.8				
14	0.0				
15	0.0				
16	0.0				
17	0.0				
18	0.0				
19	0.0				
20	0.0				
21	0.0				
22	0.0				
23	0.0				
24	0.0				
25	0.0				
26	0.0				
27	0.0				
28	0.0				
29	0.0				
30	0.0				
31					
OBSERVADOR/NOME:					
ASSINATURA:					
VISITA:					
TÉCNICO/INICIAIS:		VISTO			

Figura 13 – Boletins pluviométricos mês de Janeiro de 2016 das Estações Ponte do Miracatu e Jacaquá. Foto do autor (Fev/2017).

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total ano
2017	320,20	230,30											
2016	66,70	77,10	202,60	211,60	84,00	66,50	50,80	103,40	40,90	387,60	216,20	170,0	1677,40
2015	227	15	104,599 9985	153	132,10	148,10	74,40	101,60	137,60	306,60	142,00	499,10	2041,10
2014	111,90	104,80	204,80	58,40	209,80	127,00	177,70	84,00	191,40	241,50	156,50	271,00	1938,80
2013	162,00	96,80	204,80	157,50	159,40	39,30	53,00	96,20	42,10	151,00	321,50	64,10	1547,70
2012	9,40	45,80	90,30	139,40	45,00	77,30	91,00	57,40	120,50	385,70	95,00	385,90	1542,70
2011	103,90	299,70	92,40	173,10	77,90	106,50	115,10	92,90	138,00	103,50	41,80	88,70	1433,50
2010	sem dados	sem dados	37,00	sem dados	99,20	64,8	223,90	sem dados	289,90	47,20	20,90	140,90	
2009	65,70	173,40	123,90	12,40	119,20	99,90	50,20	128,90	106,50	512,60	sem dados	sem dados	
2008	163,70	113,60	74,50	151,60	181,10	144,60	129,80	97,30	67,50	254,20	81,90	89,70	1549,50
2007	103,00	235,70	257,10	89,60	67,10	76,70	69,90	70,00	sem dados	sem dados	sem dados	45,50	
2006	167,80	21,60	44,50	120,70	66,20	96,50	49,80	54,30	148,90	236,80	204,80	86,40	1298,30
2005	77,10	16,70	72,10	332,90	235,80	191,50	16,30	127,20	122,30	232,80	75,50	134,50	1634,70
2004	73,30	46,40	33,70	93,80	38,20	97,30	74,60	59,30	80,10	162,90	124,70	79,10	963,40
2003	123,30	287,50	197,40	198,50	72,20	120,00	79,80	74,80	24,40	276,40	267,20	402,40	2123,90
2002	13,50	114,60	256,90	296,90	209,30	148,10	215,90	150,70	218,00	490,60	252,70	258,20	2625,40
2001	297,10	139,10	129,80	309,80	53,80	141,10	97,60	48,30	193,70	135,40	153,00	37,10	1735,80
2000	108,60	117,30	342,50	65,30	214,50	184,50	80,30	56,10	168,20	173,70	216,80	97,00	1824,80
1999	20,80	223,50	71,50	185,30	232,90	96,70	149,90	37,80	136,60	160,90	75,30	54,50	1445,70
1998	336,20	348,10	254,60	454,20	148,60	89,90	188,20	100,10	195,50	125,20	57,90	72,10	2370,60
1997	112,80	333,50	55,40	125,20	109,30	147,20	46,40	45,50	122,30	495,30	198,80	253,50	2045,20
1996	250,00	218,90	125,50	277,10	5,30	66,30	77,50	106,80	79,20	127,50	165,40	102,20	1601,70
1995	257,00	127,20	136,70	117,50	97,80	102,50	242,80	106,70	233,50	131,00	27,50	25,20	1605,40
1994	8,00	257,00	35,50	142,20	123,30	68,20	262,80	93,50	163,40	222,90	151,20	50,40	1578,40
1993	135,50	78,00	94,00	119,00	258,30	229,60	101,40	2,00	52,00	310,30	299,30	90,30	1769,70
1992	124,00	141,60	152,80	345,20	266,30	101,50	116,60	57,00	116,50	175,00	54,00	49,00	1699,50
1991	57,50	15,30	113,00	254,40	53,00	163,30	69,40	3,00	126,00	70,60	59,20	106,50	1091,20
1990	135,40	152,30	283,60	305,90	91,00	37,00	105,00	11,30	268,30	178,00	277,10	264,00	2108,90
1989	353,90	sem dados	75,50	337,00	2,00	64,20	90,60	119,60	100,00	138,00	174,00	145,50	
1988	218,90	72,20	7,30	127,60	97,30	98,10	31,00	65,90	364,30	80,40	213,60	80,00	1456,60
1987	220,80	105,80	257,20	357,60	79,40	192,60	440,20	143,90	138,40	121,50	49,20	102,90	2209,50
1986	184,70	280,50	333,50	352,20	304,60	166,20	58,30	116,20	193,70	113,60	354,50	22,00	2480,00
	142,98	146,86	144,03	202,16	126,90	114,61	117,10	80,39	145,99	218,29	156,12	141,30	1758,54

Tabela 1- Chuva acumulada mensal – Estação Ponte do Miracatu . Dados tabulados a partir dos boletins pluviométricos fornecidos pelo CPRM/SGB. Elaborado pelo autor.

2.1.5 Softwares

Os softwares utilizados foram: *Google Earth Pro* para planejamento da área a ser mapeada; *Agisoft Photoscan 1.2.6* para processamento das imagens e geração das nuvens de pontos, dos MDE e dos ortofotomosaicos; *Global Mapper 19*, *Arcgis 10.5.1* e *QGIS* para tarefas de geoprocessamento; *Topcon Tools 8.2.3* para pós-processamentos e ajustamento de observações dos dados de rastreamento GNSS e da estação total; *Drone Deploy*, *Map Pilot iOS*, *Pix4D Capture* e *DJI Ground Station PRO* para planejamento e execução de voos; *Cloud Compare* e *Quick Terrain Modeler* para análise de nuvem de pontos em formato LAS; *ERDAS IMAGINE* e *Global Mapper 19* para edições dos MDS e obtenção de curvas de nível; e *Hidro1.2* para consulta dos dados pluviométricos.

2.2 Métodos

Essa sessão trata dos métodos utilizados para realizar o estudo sobre a fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina. Para tanto foi subdividida em duas etapas, a primeira de coleta e processamento de dados de campo e a segunda de análise dos dados para o estudo da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina.

2.2.1 Coleta e processamento dos dados de campo

Nesta etapa, realizou-se quatro trabalhos de campo, nos quais foram efetuados levantamentos aerofotogramétricos com VANT e levantamentos topográficos e geodésicos e posterior processamento destes dados. Os trabalhos de campo foram realizados em períodos de mudança de estação do ano, com intervalos de três meses em 06 de junho, 09 de setembro e 06 de dezembro de 2016 e 09 de março de 2017.

2.2.1.1 Levantamentos aerofotogramétricos com VANT

Os levantamentos aerofotogramétricos com VANT utilizados no trabalho foram executados obedecendo as seguintes etapas: planejamento, execução e processamento. Essas etapas, com poucas modificações, se repetiram em todos os trabalhos de campo e são descritas com maiores detalhes a seguir.

Cabe ressaltar que, antes do primeiro trabalho de campo, foram realizados testes com os equipamentos e com os procedimentos que seriam adotados. Foram realizados testes com o VANT, voando com diferentes sobreposições – lateral e frontal - e diferentes alturas que resultariam diferentes resoluções espaciais e GSD – *Ground Sample Distance*. Esses testes tiveram o objetivo também de se familiarizar tanto com os procedimentos operacionais, quanto com a operação dos equipamentos. Foram testados também diferentes formas de

rastreio e pós processamento de dados com os receptores GNSS para o georreferenciamento dos pontos de controle em solo. Também antes do terceiro trabalho de campo, com o mesmo objetivo, foram realizadas uma série de testes com a estação total.

Planejamento

A etapa de planejamento inicia-se com a delimitação da área a ser mapeada e a escolha da resolução a ser atingida, isto é, o valor em cm do tamanho do pixel na imagem correspondente ao valor do pixel no terreno. Essa medida também é chamada de GSD, que é o valor da medida no terreno da distância entre o centro de dois pixels subjacentes. Feito isso, são distribuídos os pontos de controle em solo, ou *Ground Control Points* – GCP's, de acordo com as feições que serão mapeadas. Conformem Shahbazi *et al.* (2015), os pontos de controle devem ser distribuídos levando-se em consideração as características do terreno a ser mapeado, de forma a circundar a área e preferencialmente não devem ficar dispostos de maneira a formar uma grade regular. Assim sendo, foram planejados 16 GCP's distribuídos pelo areal e mais sete pontos de controle adicionais na ravina no setor mais ao norte além de um ponto a ser utilizado como base para o receptor GNSS (Figura 14). Os pontos de controle têm a função de servir de referência na aerotriangulação das fotografias, georreferenciamento e correção de escala do modelo tridimensional a ser gerado. A qualidade na distribuição e determinação das coordenadas geográficas dos pontos de controle influenciam diretamente na qualidade e precisão das nuvens de pontos, MDS e ortofotomosaicos.

Pontos de Controle no Areal do Cerro da Esquina

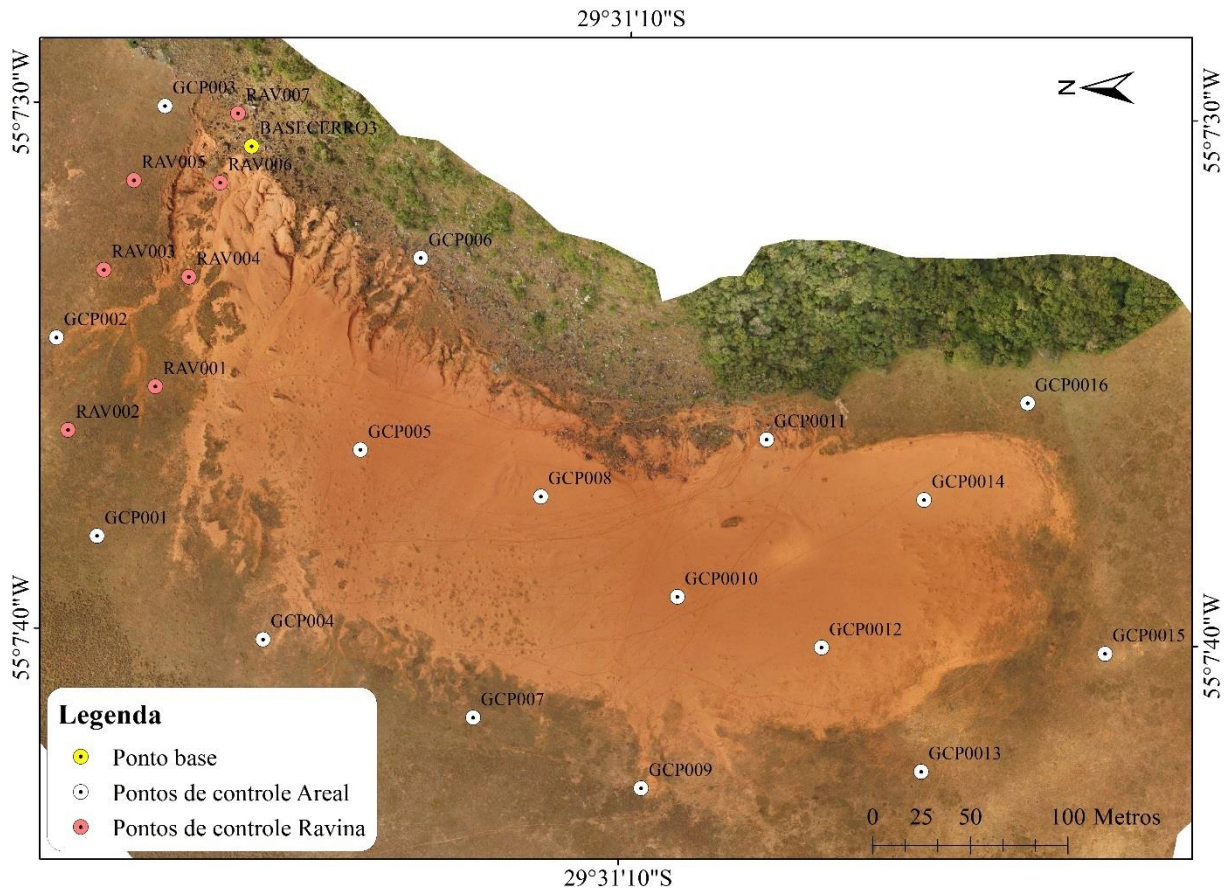


Figura 14 – Mapa com a localização dos pontos de controle implantados no areal do Cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.

Com a área definida a etapa seguinte que consiste na elaboração de um plano de voo (Figura 15) em que são escolhidos a altura de voo, taxas de sobreposição e ângulo das linhas de voo. Optou-se por uma taxa de sobreposição entre as fotografias de no mínimo 80% na sobreposição frontal e de 60% na sobreposição lateral, conforme recomendações constantes no manual do *Agisoft PhotoScan*. O GSD escolhido foi de 5cm, o que equivale a uma altura de voo planejada de 110m. Essa altura é contada a partir do solo, sendo que o nível zero é o equivalente a cota 170m em altitude elipsoidal do geóide WGS84. O ângulo de voo é escolhido de forma que a aeronave não enfrente vento frontal, o que poderia causar um consumo excessivo de baterias em uma situação adversa.

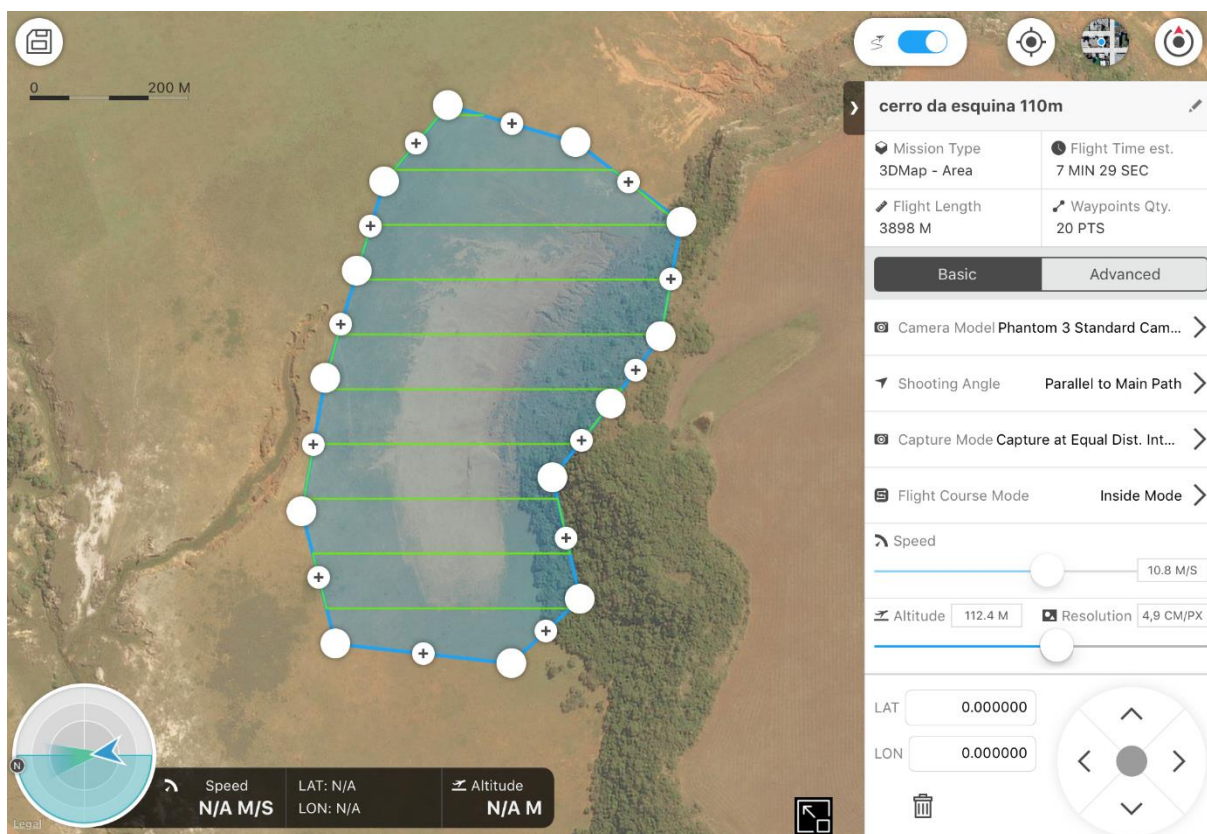


Figura 15 – Captura de tela do software Ground Station Pro exemplificando um plano de voo no areal do cerro da esquina. O polígono azul represente a área que será mapeada enquanto as linhas verdes representam a linha de voo que será percorrida pelo VANT. Elaborado pelo autor.

Execução

A execução do levantamento se inicia com a implantação e sinalização dos pontos de controle com alvos de vinil (Figura 16 e Figura 17). Essa implantação consiste na materialização, ocupação e rastreamento destes pontos com o auxílio dos receptores GNSS. A materialização é realizada utilizando-se piquetes de madeira de aproximadamente 30cm de comprimento enterrados no solo. O objetivo é deixar marcado o ponto para poder utilizá-lo nos próximos trabalhos de campo.

A ocupação e o rastreamento são realizados com os receptores GNSS e tem o objetivo de determinar as coordenadas geográficas dos pontos com a melhor precisão e acurácia possível. O método escolhido para o rastreamento foi o do posicionamento relativo estático nos três primeiros levantamentos e o cinemático pós-processado e RTK (*Real Time Kinematics*) no quarto levantamento. Maiores detalhes sobre estes métodos são descritos por Monico (2008). Resumidamente, no primeiro método - o rastreamento estático -, são usados dois receptores simultaneamente, um deles ocupa um ponto denominado estação base que possui coordenadas conhecidas, enquanto o outro ocupa o ponto de interesse - o ponto de controle -, sendo denominado de estação móvel. No processamento dos dados com software específico de

ajustamento, as coordenadas dos pontos de controle são calculadas a partir da obtenção dos componentes da linha base formada entre a base e o ponto de interesse. No rastreo cinemático pós-processado e RTK, as linhas bases são obtidas em tempo real com o auxílio do rádio RTK. Em escritório, o pós-processamento consiste em ajustar as coordenadas da base que foram determinadas nos trabalhos anteriores e, conseqüentemente, as coordenadas dos pontos de controle.

A sinalização dos pontos de controle é realizada com alvos de vinil. Estes alvos possuem a dimensão de 50x50 cm com o fundo preto e um círculo branco de 30 cm de diâmetro no centro, o que possibilita que sejam identificados posteriormente nas fotografias tomadas com o VANT.

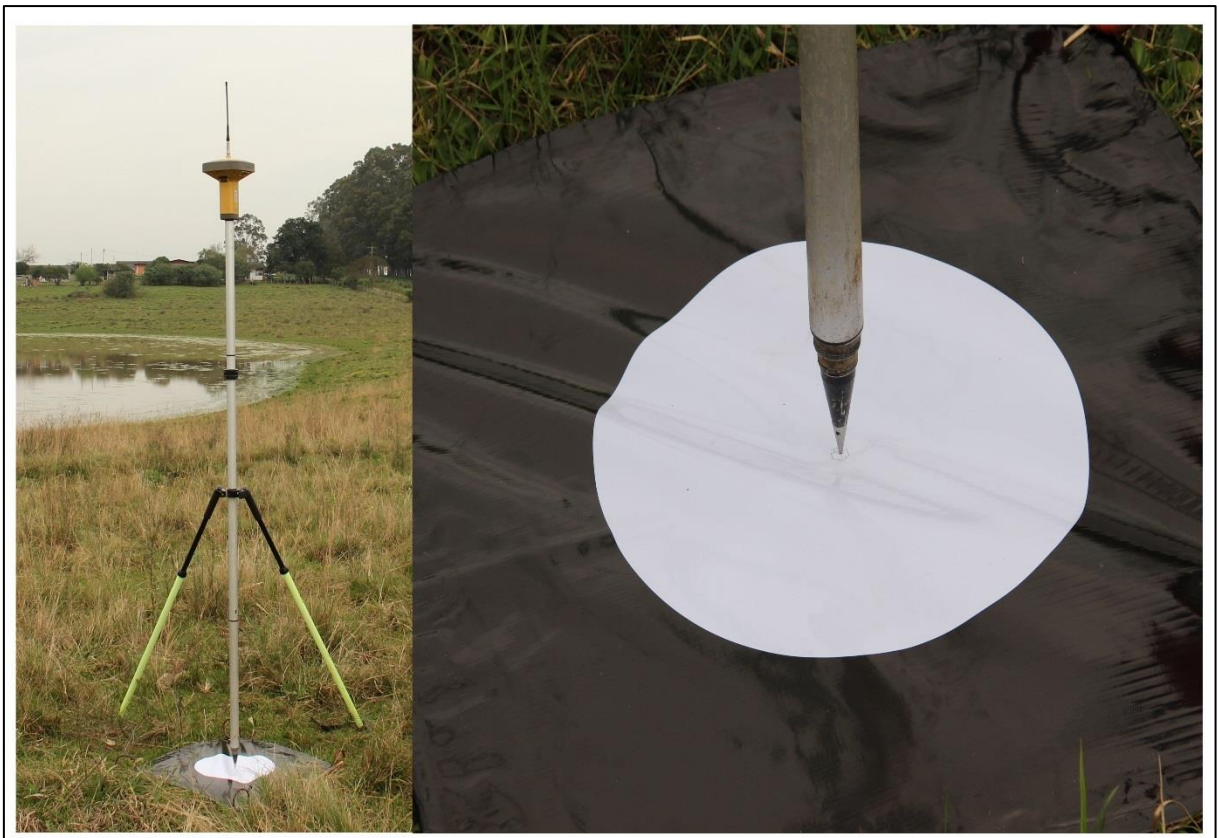


Figura 16 – Ocupação e rastreo de ponto de controle com auxílio de receptor GNSS (à esquerda) e detalhe do alvo de vinil (à direita). Fotos do autor (Out/2016).



Figura 17 - Ocupação e rastreo de ponto de controle no quarto trabalho de campo. Foto do autor (Mar/2017).

Depois de materializados, ocupados e sinalizados os pontos de controle, é realizado o voo. Antes da decolagem é efetuado um *checklist* para verificar se todos os componentes do VANT estão em ordem e funcionais. É realizada a calibração da bússola eletrônica e do sistema inercial, assim como realizados testes com as baterias e hélices. Revisa-se, também, o plano de voo, procurando ajustar as linhas de voo de forma que fiquem perpendiculares à direção do vento (Figura 18).

Depois de realizado o voo, que dura aproximadamente 18 minutos para a área do areal, o cartão micro SD é removido e são conferidas as fotografias. Caso haja algum problema, o voo é repetido. A Figura 19 mostra o ponto de tomada das fotografias durante o voo, assim como a localização dos pontos de controle em solo. Observa-se que não houve falhas e as fotografias foram tomadas praticamente na vertical na coordenada planejada, o que significa que o voo teve um ótimo resultado.

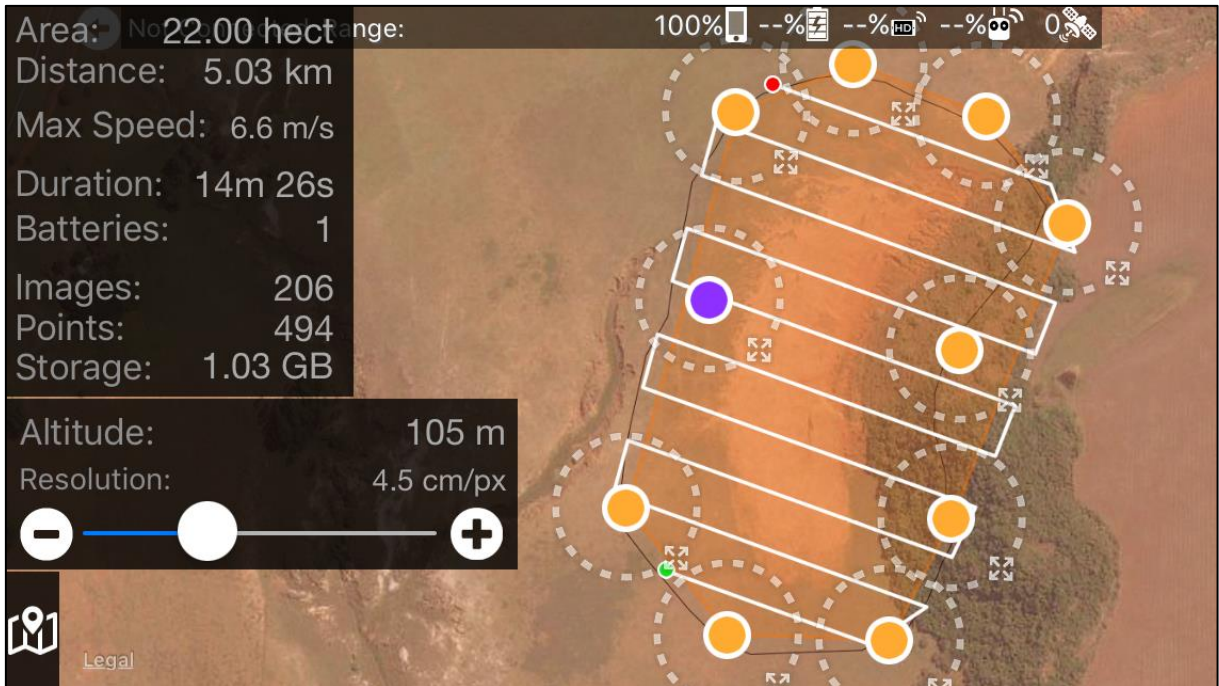


Figura 18 – Plano de voo ajustado e pronto para ser executado – captura de tela do software map pilot iOS. Elaborado pelo autor.

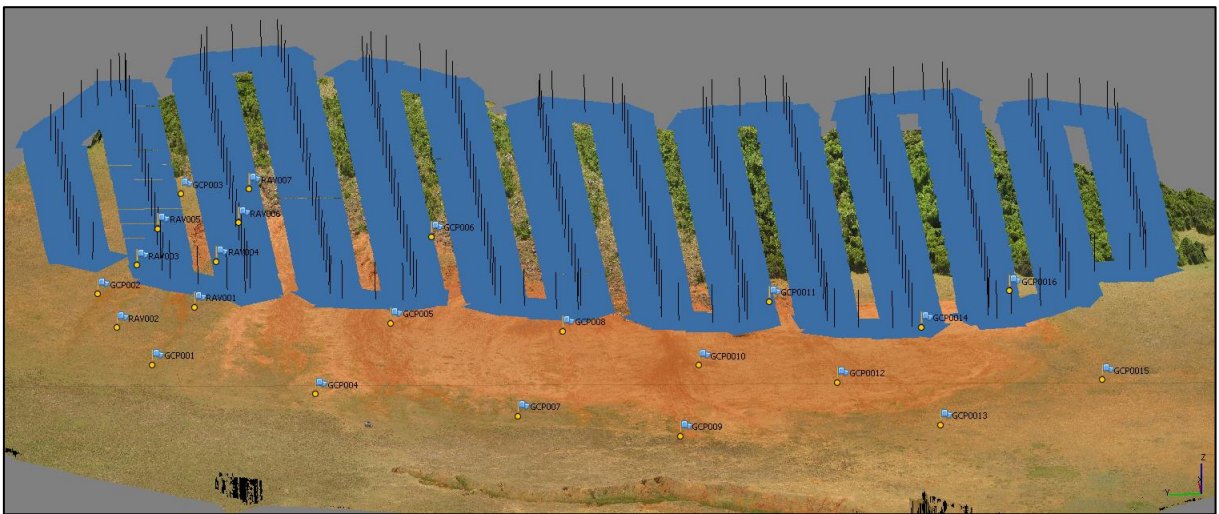


Figura 19 – Fotografias (polígonos em azul) e pontos de controle (pontos amarelos) no areal do Cerro da esquina. Elaborado pelo autor.

Depois de adquiridos os dados segue-se para a etapa seguinte que é de processamento.

Processamento

O processamento dos dados pode ser sintetizado em 8 etapas conforme o fluxograma da Figura 20, são elas: A. conferência e carregamento das fotografias; B. alinhamento das câmeras; C. inserção dos pontos de controle; D. construção da nuvem de pontos densa; E. aplicação de textura; F. construção do MDE; G. construção do ortofotomosaico; e H. exportação dos resultados.

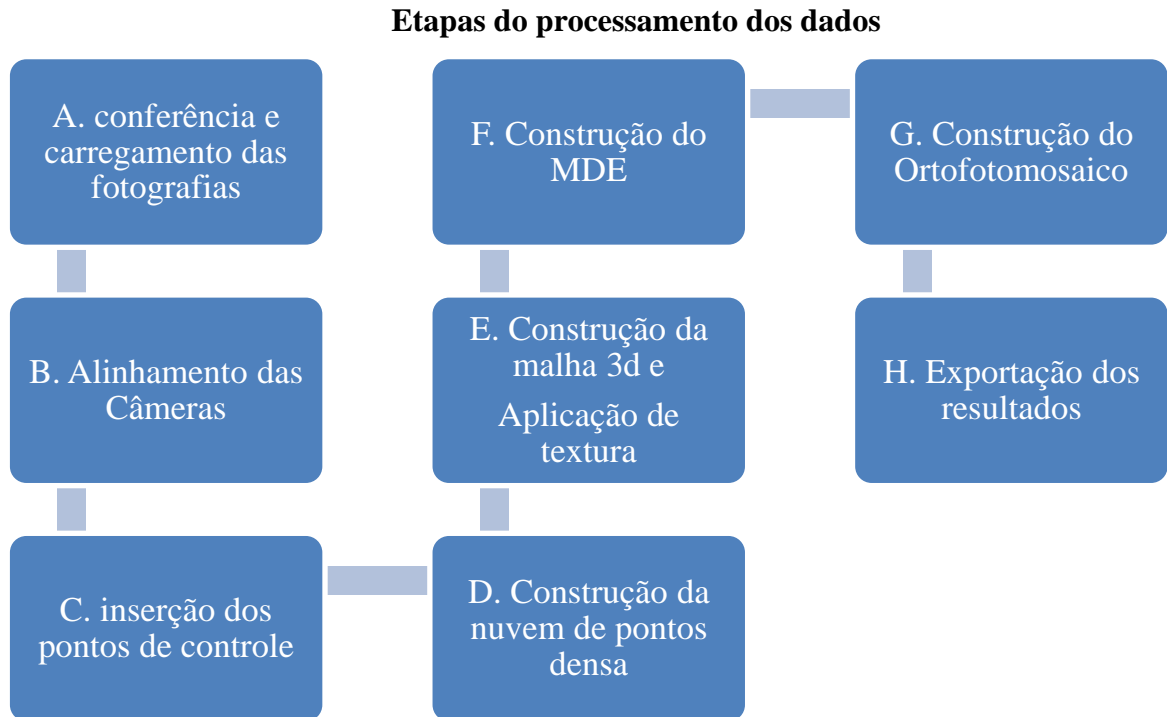


Figura 20 – Etapas do processamento dos dados. Elaborado pelo autor.

A. Conferência e carregamento das fotografias

A conferência das fotografias consiste em verificar, uma a uma, as fotos aéreas tomadas em campo. Caso alguma apresente problemas, como falta de foco, arrastamento ou alguma interferência, ela deve ser descartada ou inserida uma máscara que desconsidere a área com problemas no processamento. Porém, caso necessário, nesta etapa pode ser efetuado algum tratamento na imagem, como ajuste nos histogramas ou remoção de sombras com o objetivo de melhorar a qualidade do produto final. Em seguida, as fotografias georreferenciadas são carregadas no software de modelagem 3D (Figura 21).

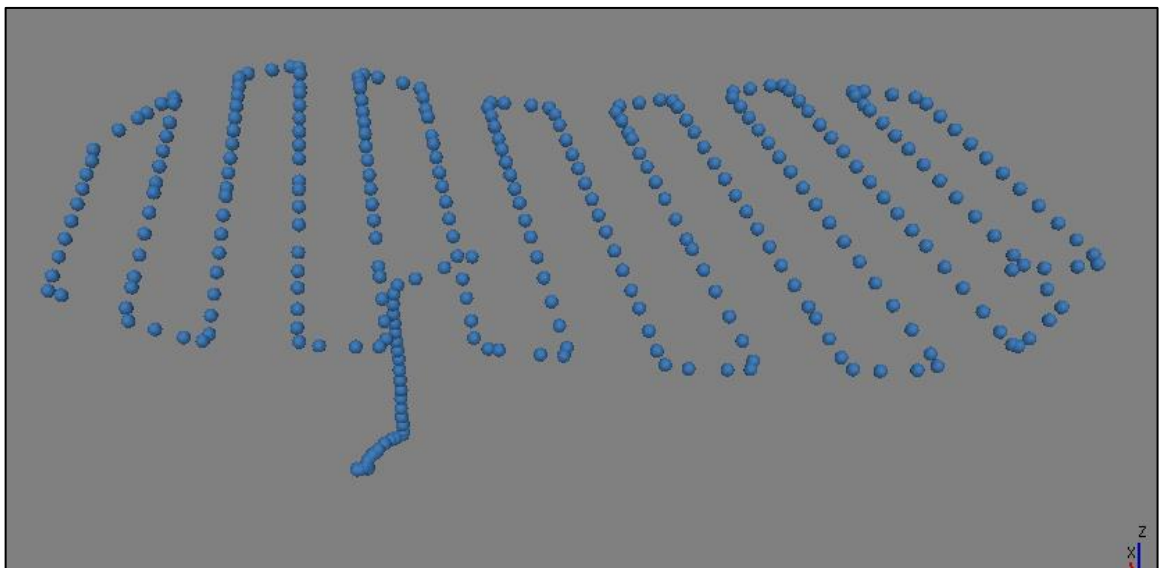


Figura 21 – Fotografias georreferenciadas carregadas no software de modelagem 3d. Elaborado pelo autor.

B. Alinhamento das Câmeras

A etapa seguinte chama-se Alinhamento das câmeras. Nesta etapa o software, através de algoritmos SIFT – *Scale Invariant Feature Transform* –, procura automaticamente por pontos homólogos nas imagens e os combina. Assim, determina a posição da câmera para cada foto e também faz a calibração automática da lente. É obtido como resultado uma nuvem de pontos esparsa e um conjunto de posições da câmera, conforme pode ser observado na Figura 22.

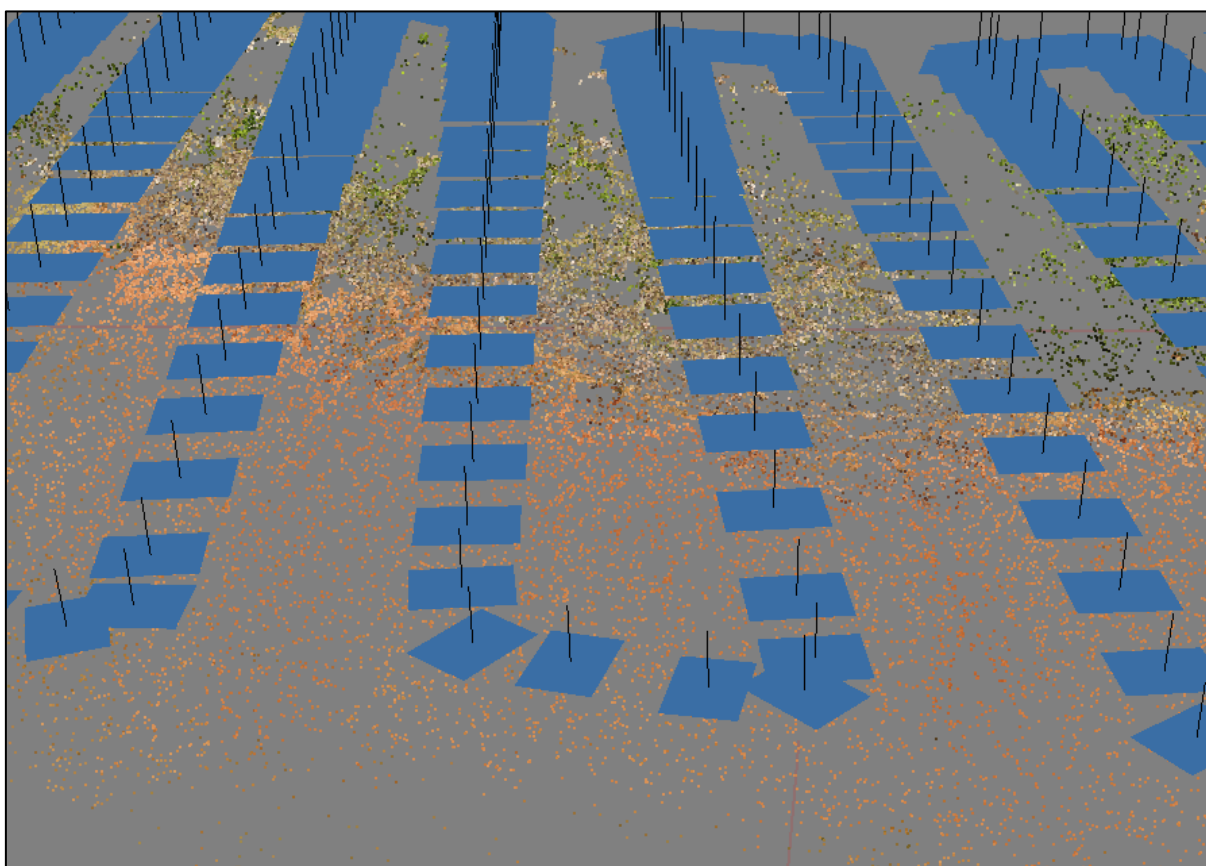


Figura 22 – Fotos alinhadas e nuvem de pontos esparsa. Elaborado pelo autor.

C. Inserção dos pontos de controle

A inserção dos pontos de controle é realizada quando são identificados nas fotografias os alvos e marcados os respectivos pontos de controle. Em seguida, são inseridas as coordenadas de cada ponto de controle. Este trabalho é realizado de forma manual e é, através dele, que o software ajusta o georreferenciamento e a escala do modelo tridimensional (Figura 23).

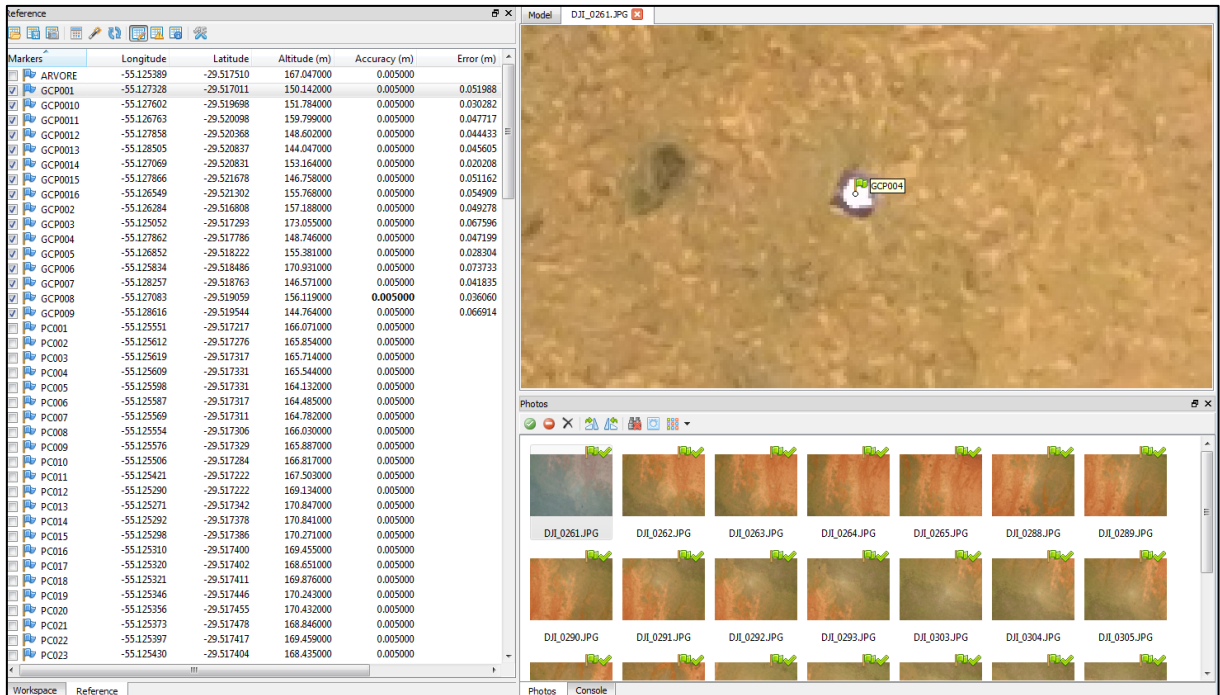


Figura 23 – Inserção dos pontos de controle (GCP's). Elaborado pelo autor.

D. Construção da nuvem de pontos densa

A construção da nuvem de pontos densa é realizada a partir das posições calculadas para a câmera e para as fotos e dos pontos de controle. Esta nuvem densa pode ser editada e classificada de forma automática ou manual. O resultado da construção da nuvem de pontos densa pode ser observado na Figura 24.

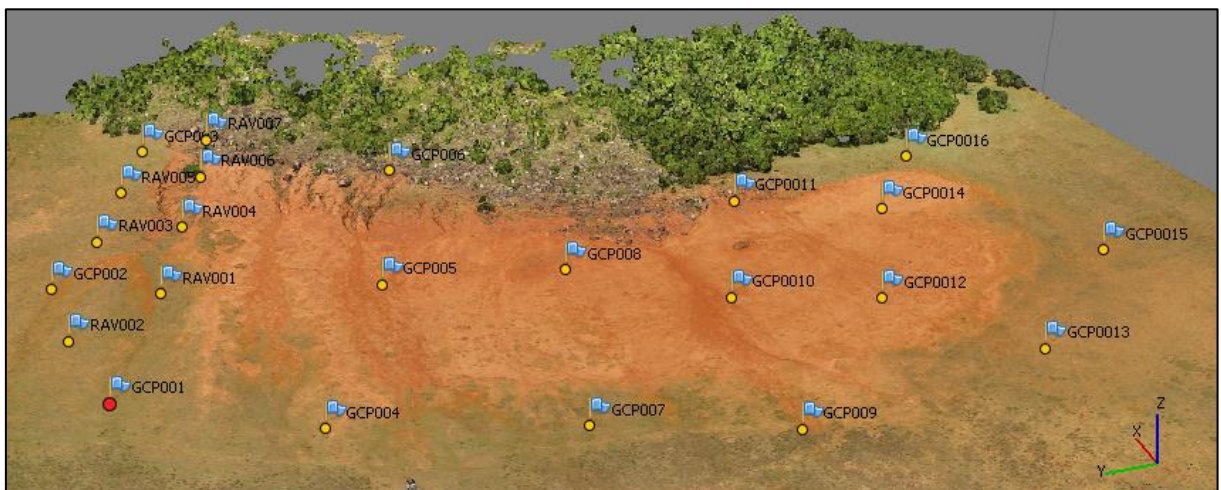


Figura 24 - Nuvem de pontos densa e pontos de controle. Elaborado pelo autor.

E. Construção da malha 3d e Aplicação de textura

A construção da malha – ou *mesh* – é feita a partir da nuvem de pontos densa e gera um produto que representa a superfície do objeto em três dimensões. Para uma modelagem de

terreno é utilizado o algoritmo “*Height Field*”. Nesta etapa, pode-se aplicar filtros com o objetivo de fechar eventuais buracos no modelo 3D, os quais aparecem quando não é possível densificar a nuvem de pontos. Em alguns casos, quando a superfície possui muitos detalhes ou fica muito falhada, pode ser necessário editar a malha 3D em softwares específicos. Concluída esta etapa, é aplicada uma textura na malha, conforme pode ser observado na Figura 25.

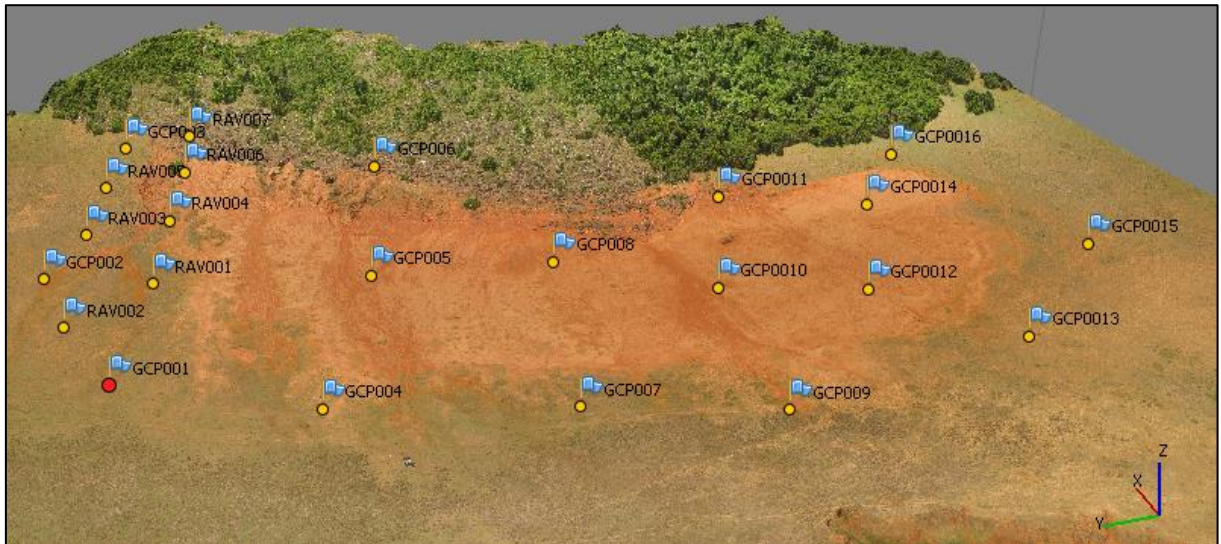


Figura 25 – Malha ou 3d mesh texturizada. Elaborado pelo autor.

F. Construção do MDE

O Modelo Digital de Elevação - MDE - é a representação das cotas do terreno em pixels (Figura 26) e é calculado nesta etapa a partir da nuvem de pontos. A resolução espacial do MDE está diretamente relacionada à densidade da nuvem de pontos. Quanto mais densa a nuvem, melhor pode ser a resolução do MDE.

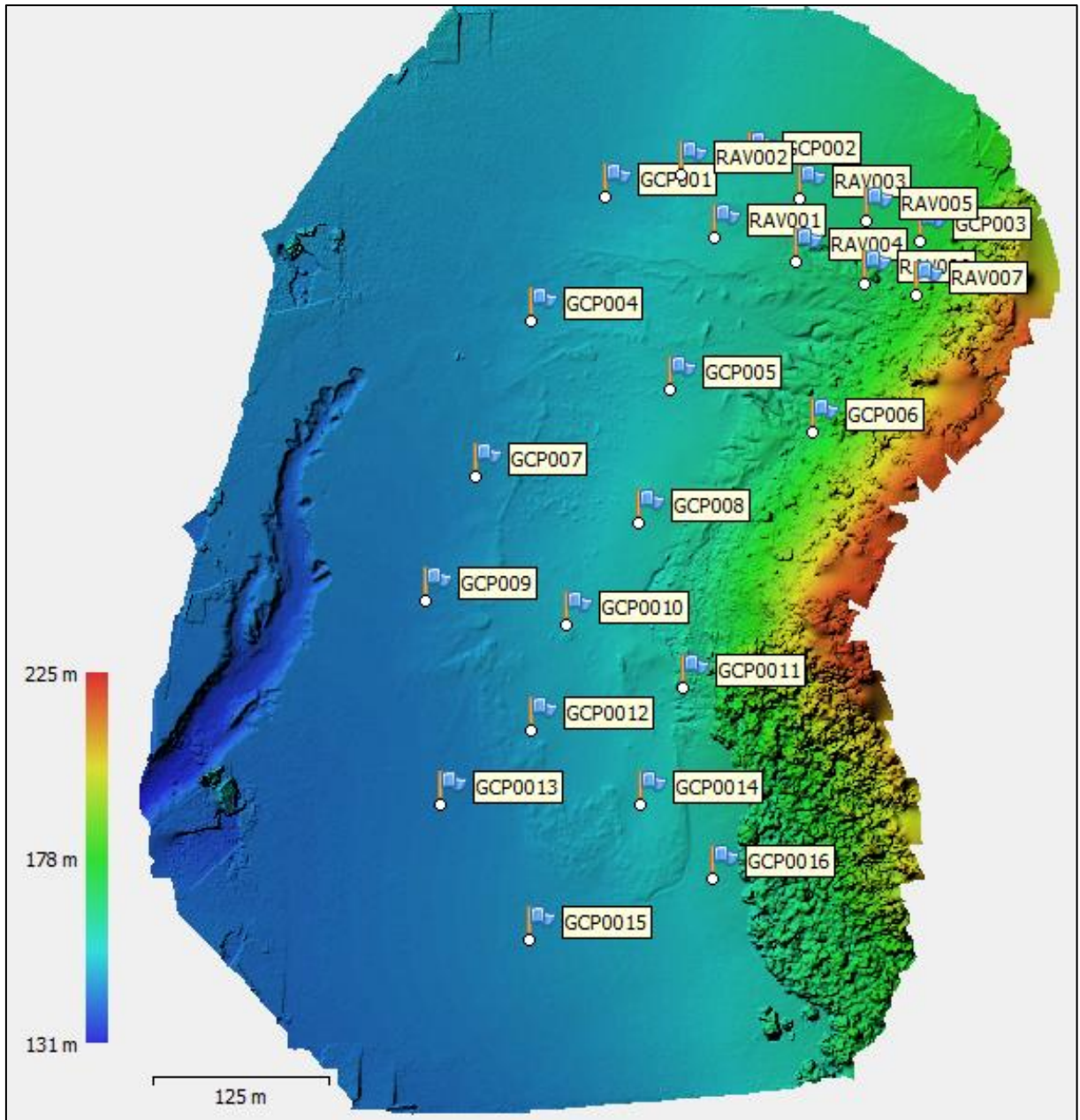


Figura 26 - O modelo digital de elevação com resolução espacial de 15cm. Elaborado pelo autor.

G. Construção do Ortofotomosaico

A construção do ortofotomosaico é realizada a partir das fotos originais que são ortorretificadas. O produto é uma imagem georreferenciada de alta resolução, normalmente uma resolução centimétrica (Figura 27).

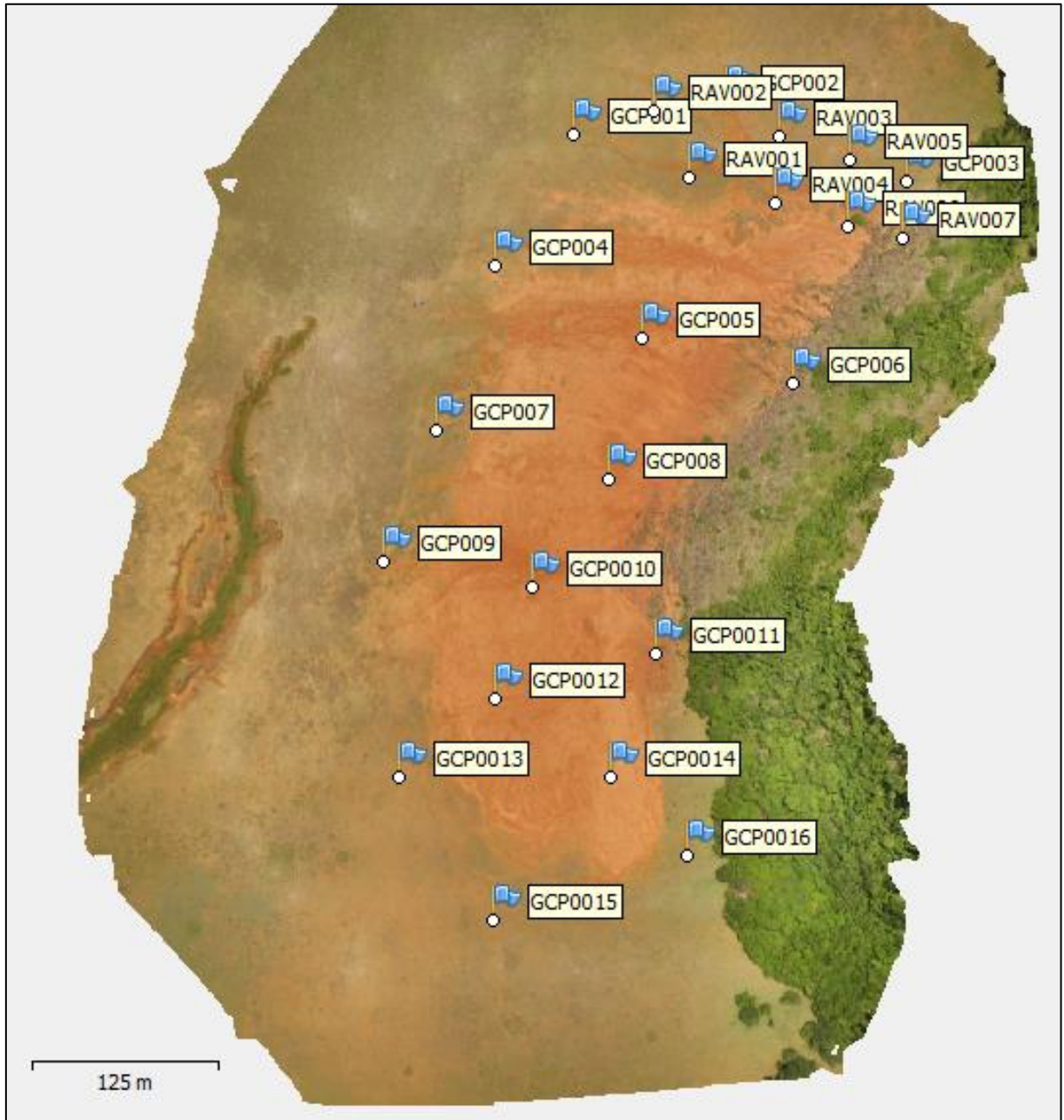


Figura 27 – Ortofotomosaico com resolução espacial de 5cm. Elaborado pelo autor.

H. Exportação dos resultados

A exportação dos resultados é a etapa final do processamento, é quando os produtos finais são preparados e convertidos em formatos compatíveis com softwares de SIG - Sistemas de Informações Geográficas -, geoprocessamento e modelagem 3D. Os produtos exportados e seus respectivos formatos são: Nuvem de pontos – formato LAS, MDE e ortofotomosaicos Geotiff.

2.2.2 Análise dos dados para estudo da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina

Para entender a fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina foram analisados os dados de pluviosidade disponíveis na estação Ponte do Miracatu e os dados espaciais gerados a partir dos levantamentos aerofotogramétricos: as fotografias aéreas, os ortofotomosaicos e os MDS.

Os dados de pluviosidade foram utilizados para subsidiar a análise da fisiologia da paisagem caracterizando o ano experimental, identificando períodos de maior e menor quantidade de precipitação assim como para entender que o ano experimental foi caracterizado como um ano chuvoso se comparado a última normal climatológica. Esta caracterização permitiu também inferir a intensidade da evolução dos processos erosivos durante o ano experimental.

Os dados espaciais foram utilizados na identificação das principais feições que pudessem determinar os processos mais atuantes no areal durante o período estudado. A partir da análise das fotografias aéreas, dos ortofotomosaicos e MDS, identificou-se a ocorrência e localização de sulcos, ravinas, canais de escoamento e leques deposicionais. Entende-se como sulcos, os pequenos canais formados a partir da ocorrência de escoamento concentrado. As ravinas são a evolução destes canais a partir da erosão remontante e lateral. Os canais de escoamento são aqui entendidos como uma feição de transição entre o processo denudacional e o processo deposicional. Já os leques deposicionais são entendidos como a feição mais a jusante onde os sedimentos são depositados. A Figura 28 ilustra as feições antes descritas e sua localização em um setor do areal.

Depois de se identificar e localizar essas feições optou-se por compartimentar o areal tendo como principal referência as suas áreas de drenagens. Para isso primeiramente delimitou-se um polígono em torno do areal, em seguida o MDS foi consistido hidrologicamente e sua resolução espacial ajustada para 20cm. Após isso, foram delimitados automaticamente os interflúvios para áreas de drenagem de no mínimo 250m² e traçados os

talvegues com no mínimo 1m de comprimento dentro dessas áreas. Esse procedimento foi realizado para cada um dos quatro levantamentos. Ressalta-se aqui que se entende como talvegues a linha de maior profundidade de um vale entre duas vertentes e interflúvios a linha que une os pontos mais elevados entre essas vertentes independente da escala.

Principais feições utilizadas para análise da fisiologia da paisagem no areal do Cerro da Esquina

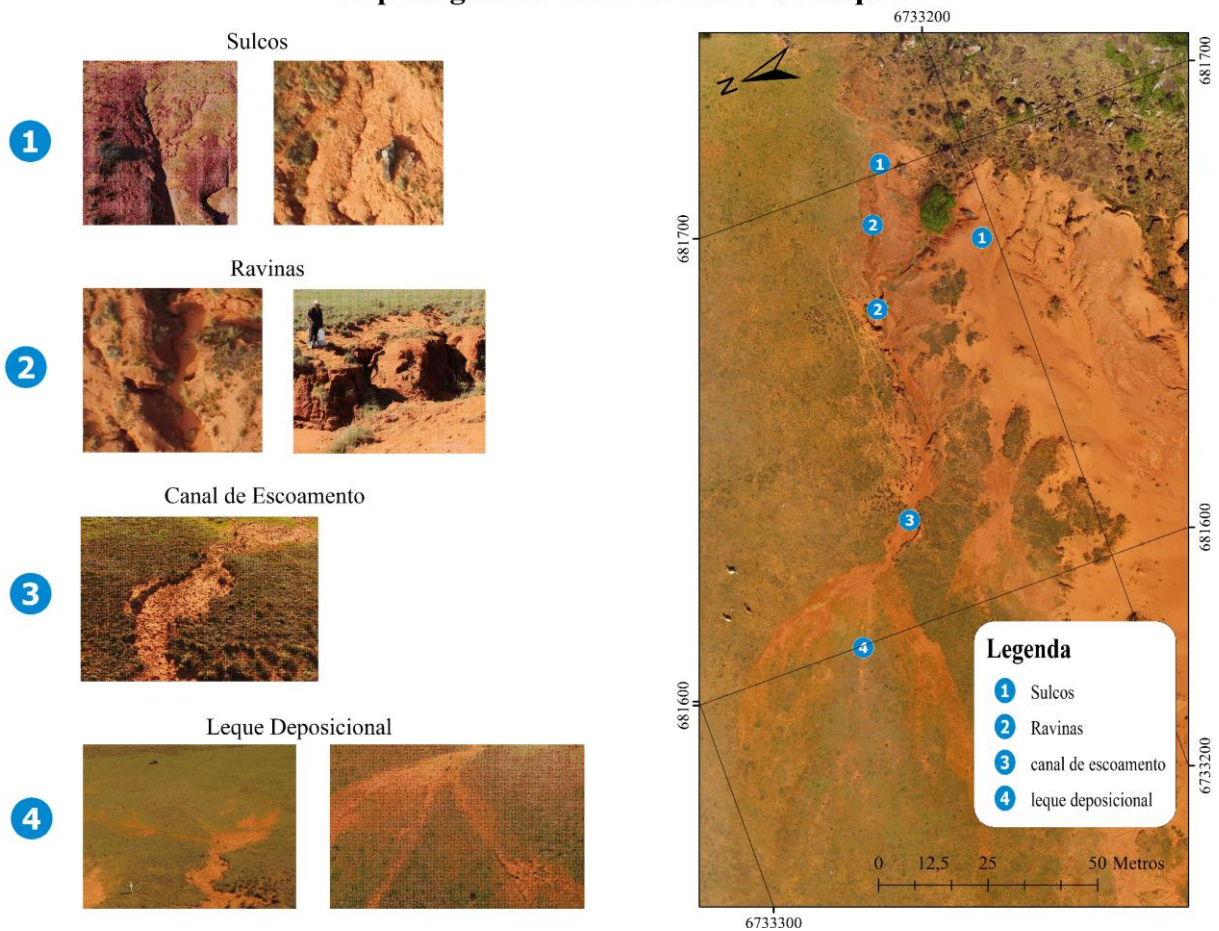


Figura 28 – Principais feições analisadas para estudar a fisiologia do Areal do Cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.

Com estes resultados prontos o areal foi dividido em cinco compartimentos conforme a Figura 29. Para se chegar nessas áreas foi realizada uma fotointerpretação dos ortofotomosaicos, das fotografias aéreas tomadas com o VANT em conjunto com o traçado dos talvegues e interflúvios dos quatro levantamentos. A Figura 30 e Figura 31 mostram estes traçados. Ressalta-se ainda que na compartimentação levou-se em consideração na compartimentação: a estabilidade de determinados talvegues e cristas ao longo do ano experimental, seu alinhamento, forma, densidade e padrão de distribuição e a ocorrência de microformas de relevo identificáveis, como micro relevos testemunhos.

Compartimentos e talvegues utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina

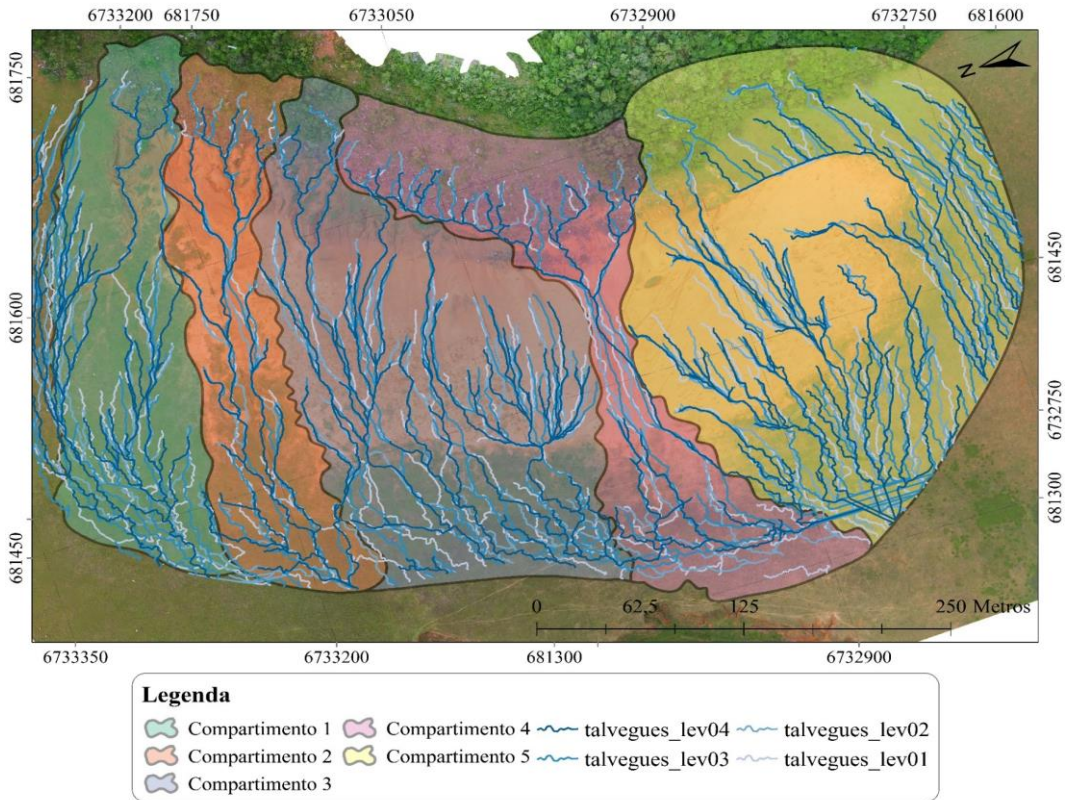


Figura 29 - Compartimentação do areal para análise. Elaborado pelo autor.

Interflúvios e talvegues do primeiro levantamento (jun/2016) gerados automaticamente utilizados para compartimentação do areal

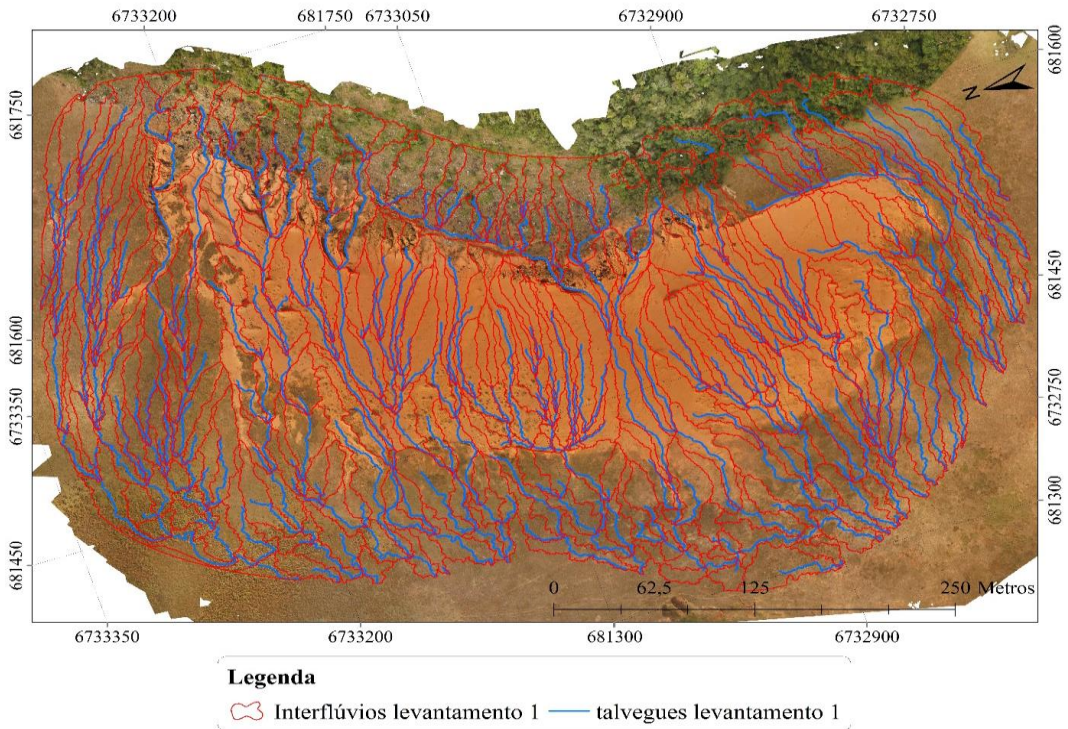


Figura 30 – Traçado dos interflúvios e talvegues do levantamento realizado em junho de 2017 utilizado como parâmetro para compartimentação do areal. Elaborado pelo autor.

Interflúvios e talwegues do quarto levantamento (mar/2017) gerados automaticamente e utilizados para compartimentação do areal

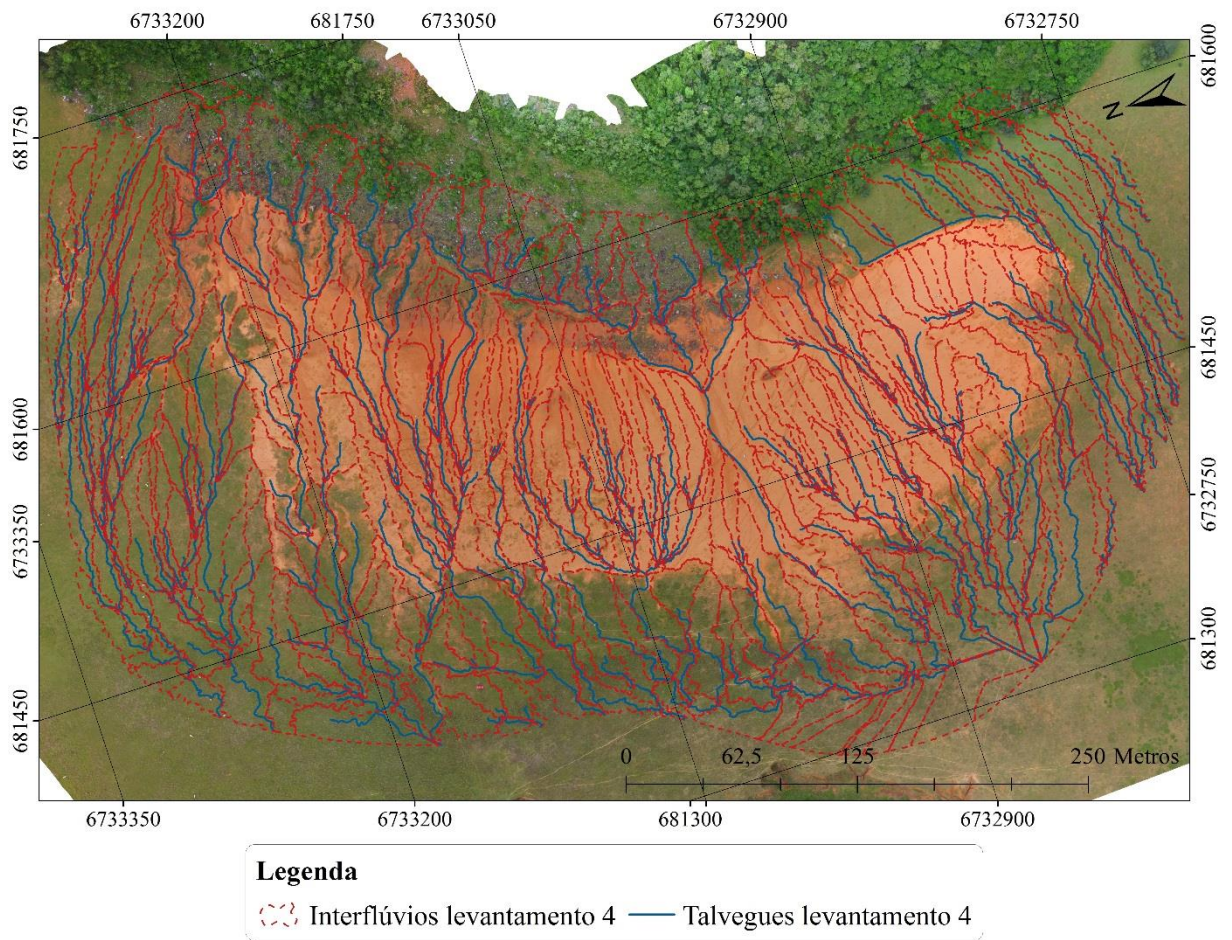


Figura 31 – Traçado dos interflúvios e talwegues do levantamento realizado em marços de 2017 utilizado como parâmetro para compartimentação do areal. Elaborado pelo autor.

3 Resultados

Os resultados apresentados a seguir estão organizados da seguinte forma: Características gerais do Areal do Cerro da Esquina, caracterização pluviométrica do ano experimental, produtos cartográficos obtidos a partir dos levantamentos e resultados da análise da fisiologia da paisagem no Areal do Cerro da Esquina.

3.1 Características gerais do areal do Cerro da Esquina

A partir da interpretação dos ortofotomosaicos, MDS e dos dados levantados em campo, foi possível mensurar a extensão do areal em cada um dos quatro levantamentos realizados. O areal do Cerro da esquina possui uma superfície de 7,6 hectares de areia exposta. Considerando-se a superfície parcialmente coberta por gramíneas onde há evidências da ocorrência de processos atuantes no areal, a área chega a 11,7 hectares, conforme mostra a Figura 32. Constatou-se que essas áreas não apresentaram variação significativa no decorrer do ano experimental.

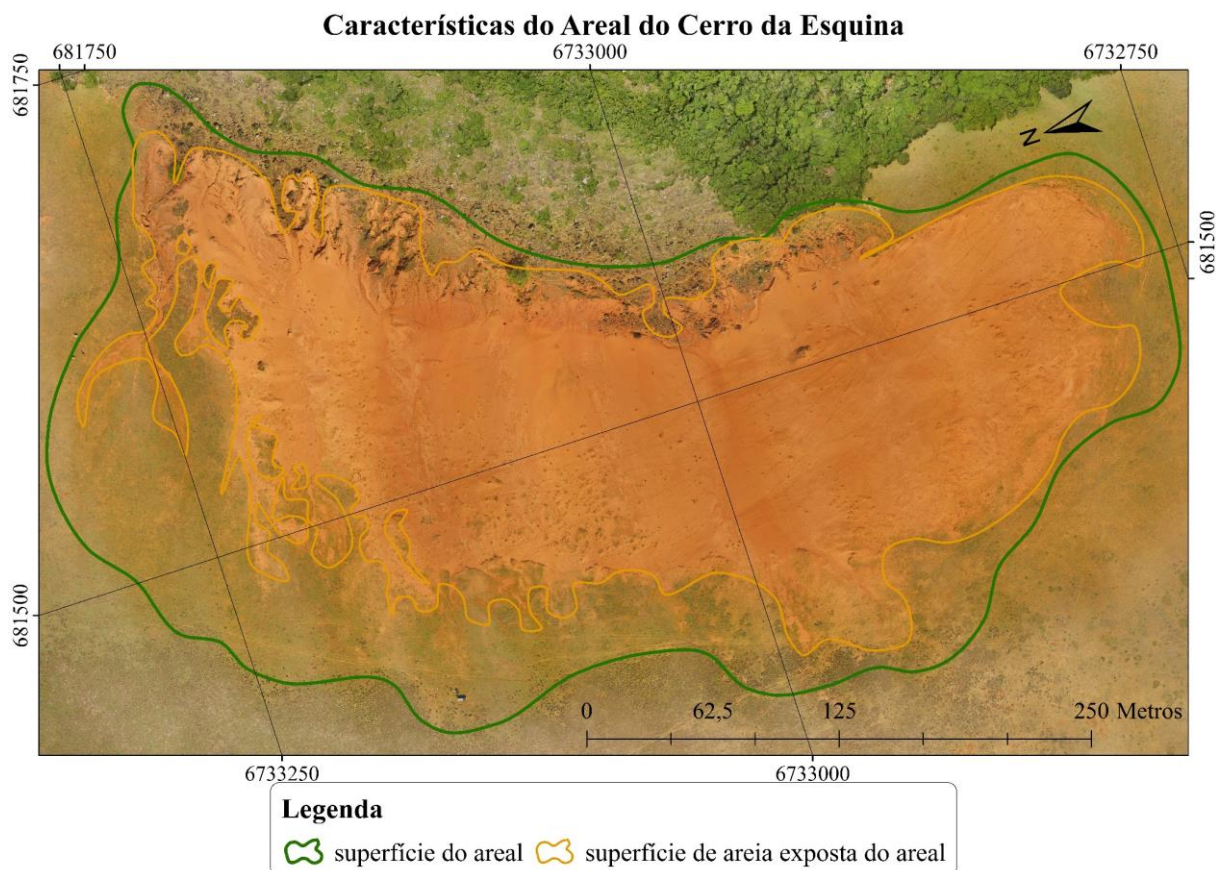


Figura 32 - Características do Areal do Cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.

Em uma escala local o areal está situado em um compartimento de rampa entre a vertente oeste do Cerro da Esquina e uma área de várzea. Traçando-se um perfil transversal

(perfil central da Figura 33) sentido leste oeste a partir do topo do cerro, temos um topo plano, uma vertente com inclinação média de 30° , uma rampa com inclinação média de 6° e a várzea com inclinação de 2° . Observando-se apenas o compartimento de rampa onde se situa o areal, temos que a sua declividade mantém-se estável no sentido norte-sul com uma pequena diminuição, apresentando uma declividade de pouco mais de $6,5^\circ$ no norte (perfil norte), de 6° no centro (perfil central) e de $5,5^\circ$ no sul conforme mostra a Figura 33.

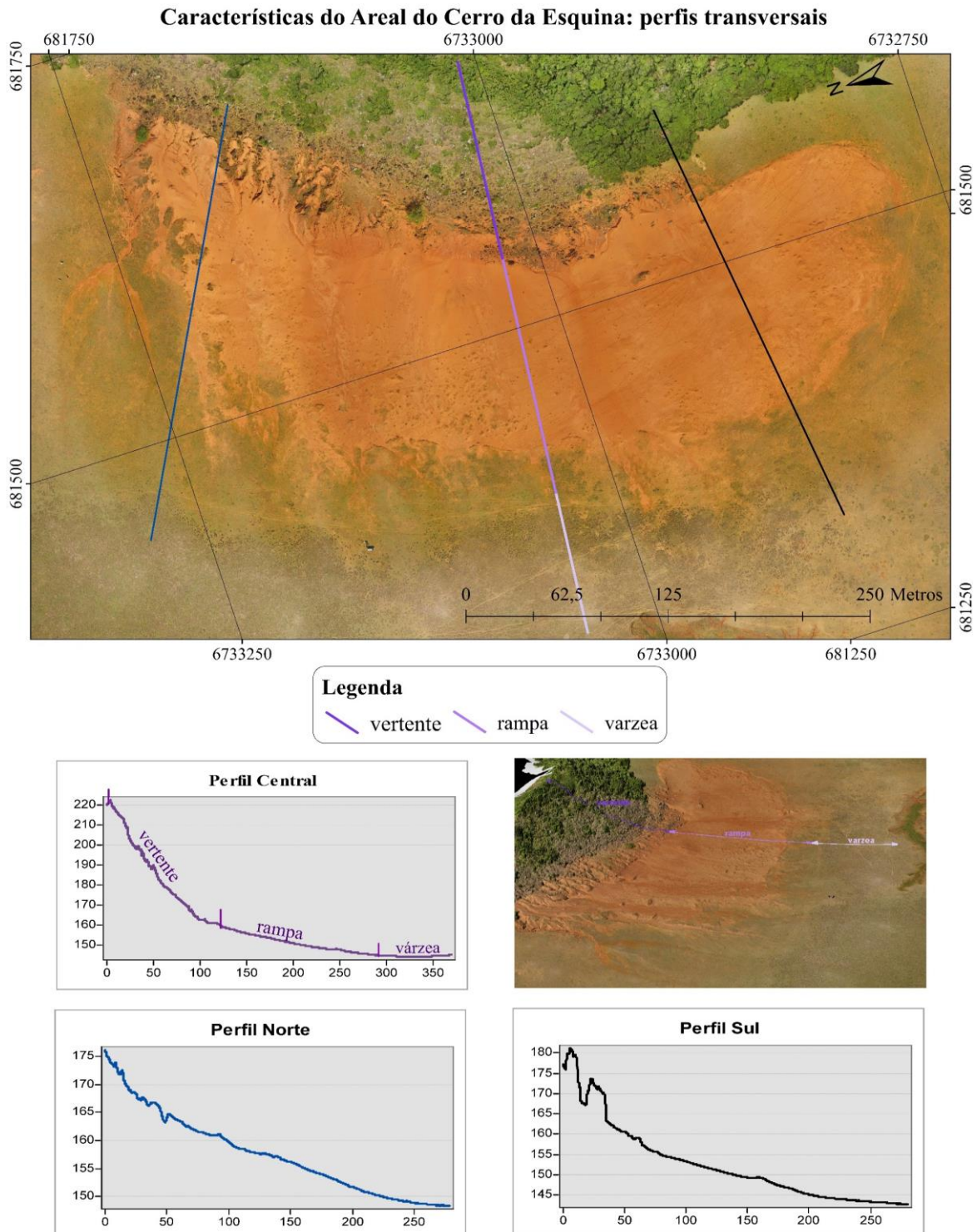


Figura 33 - perfis transversais no areal do Cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.

3.2 Caracterização pluviométrica do ano experimental

A caracterização pluviométrica foi realizada partir dos dados coletados nos boletins pluviométricos mensais da estação Ponte do Miracatu e do banco de dados da plataforma hidroweb, conforme apresentado na Tabela 1 da página 30. Cabe destacar que os dados de 1986 a 2005 são dados pluviométricos consolidados e os dados a partir de 2006 são brutos.

Procurou-se nesta caracterização verificar quais foram os anos mais e menos chuvosos, qual foi a média de chuva para cada mês do ano dos últimos 30 anos e quais as médias de chuva para cada estação do ano, considerando-se os intervalos nos quais se está realizando os trabalhos de campo. Utilizou-se para o cálculo apenas os meses que continham dados válidos.

O resultado obtido mostra que, quando comparado às médias mensais normais, no ano de 2016, houve acumulado mensal abaixo da normal nos meses de janeiro, fevereiro, maio, junho, julho e setembro e acima da média em março, abril, agosto, outubro, novembro e dezembro conforme o gráfico da Figura 34.

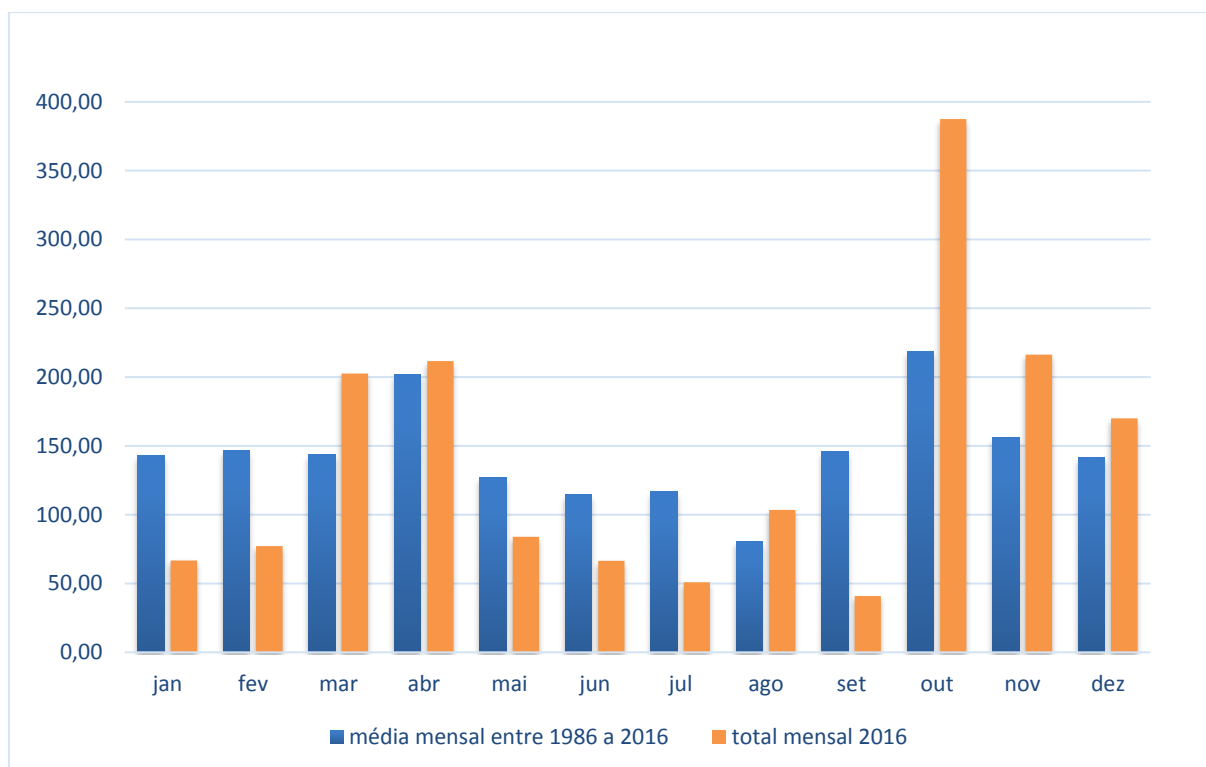


Figura 34 – Comparação entre as médias mensais de 1986 a 2016 e a média mensal de chuva no ano de 2016.
Fonte: Boletins pluviométricos da Estação Ponte do Miracatu – RHN. Elaborado pelo autor.

A normal calculada para o período de 1986 a 2006 foi de 1707,49 mm de precipitação anuais (Tabela 1). Neste período, o ano menos chuvoso, conforme a Tabela 1, foi o de 2004 com um total acumulado no ano de 937,50 mm e o ano mais chuvoso foi o ano de 2002 com

um total acumulado de 2625,40 mm. No ano experimental o total de chuva anual acumulada foi de 2084,10mm.

Para fins de análise sazonal, os acumulados trimestrais correspondentes ao período dos levantamentos foram graficados na Figura 35. A partir deste gráfico constata-se que o ano experimental apresentou, nos meses de outono, 498 mm de precipitação, valor pouco acima da normal (473 mm), superior ao ano de 2004 (166 mm) e inferior ao ano de 2002 (763,1 mm). No inverno, no ano experimental, choveu 221 mm, valor abaixo da normal para a estação que é de 444 mm. Este acumulado também é inferior aos anos de 2004 (231 mm) e de 2002 (514,7 mm). Na primavera, choveu 645 mm, valor bastante superior ao da normal (359 mm), superior ao ano de 2004 (368 mm), porém inferior ao ano de 2002 (961,3 mm). Nos meses de verão, no ano experimental, o acumulado de chuva foi de 721 mm, valor acima da normal (432 mm), do ano de 2004 (173 mm) e de 2002 (386,3 mm).

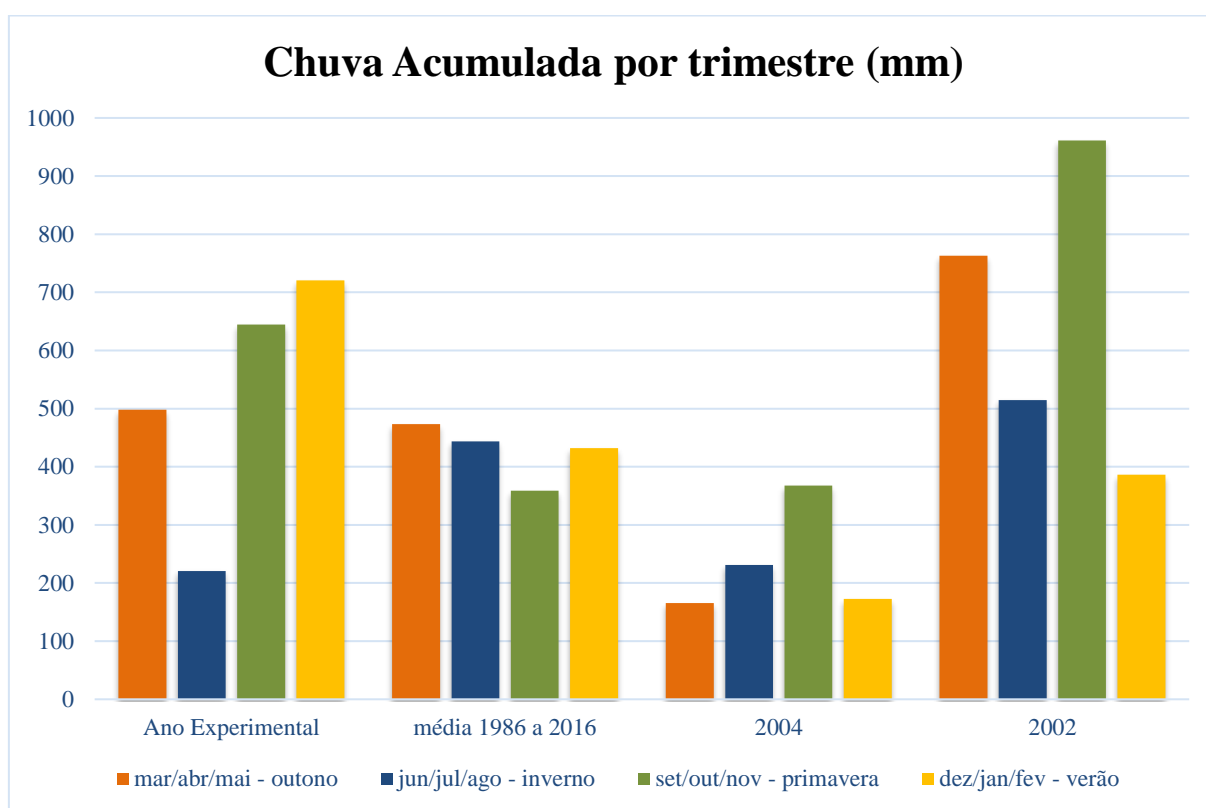


Figura 35 – Gráficos de chuva acumulada por trimestre na estação Ponte do Miracatu.
Fonte: Boletins pluviométricos da Estação Ponte do Miracatu – RHN. Elaborado pelo autor.

Com base nessas observações pode-se dizer que o ano experimental foi chuvoso, pois apresentou um total anual 22% acima da normal calculada para o período de 1986-2016, sendo que a chuva concentrou-se especialmente nos meses de primavera e de verão. No inverno, o ano experimental apresentou chuvas abaixo da média calculada para o período de 1986-2016.

3.3 Produtos cartográficos obtidos a partir dos levantamentos

Os produtos cartográficos obtidos a partir dos levantamentos são apresentados nesta seção na forma de mapas dos ortofotomosaicos e mapas dos MDS em formato de relevo sombreado. Os ortofotomosaicos permitem uma melhor visualização planimétrica e os relevos sombreados uma visualização altimétrica do areal. Para facilitar a visualização da altimetria, foi aplicado um exagero vertical nos relevos sombreados de 6 vezes. O sistema geodésico de referência adotado é o WGS1984 e a projeção UTM fuso 21.

A Figura 36 mostra o ortofotomosaico do primeiro levantamento e a Figura 37 mostra o relevo sombreado do MDS. O ortofotomosaico possui GSD de 5 cm e foi gerado a partir das fotografias aéreas obtidas em junho de 2016 em uma combinação de 2 voos realizados em altitudes diferentes (75 e 110m) no início do inverno. O MDS é representado como um relevo sombreado com resolução espacial de 6cm e exagero vertical de 6 vezes.

Observando-se o ortofotomosaico combinado com o MDS em relevo sombreado, é possível identificar os limites do areal, isto é, onde se iniciam os sulcamentos – em áreas de solo exposto – e onde terminam os leques deposicionais – áreas geralmente cobertas por gramíneas (situada no lado oeste em direção à várzea) assim como as mini dunas do lado sul do areal. É possível também observar as largas áreas de areia exposta (notar que em geral estão mais rebaixadas – produto da erosão hídrica e eólica) assim como os ravinamentos, canais de escoamento e micro relevos testemunhos em diferentes setores do areal.

A partir destes primeiros produtos cartográficos foram planejados os outros levantamentos já que neles foi possível mapear exatamente os limites do areal. Esta questão se tornou importante, pois nos levantamentos seguintes foram realizados voos mais baixos sobre o areal que o Cerro da Esquina, e somente com a informação obtida no primeiro trabalho de campo foi possível planejar outros voos de forma segura.

A Figura 38 mostra o ortofotomosaico obtido a partir das fotografias tomadas a uma altura em relação ao solo de 100m. O GSD obtido foi de 5cm. Este levantamento foi realizado em setembro de 2016 logo antes do início da primavera. A tonalidade mais clara do ortofotomosaico se dá por um ajuste da câmera, o que não prejudicou a aerotriangulação nem a obtenção do MDS. A Figura 39 apresenta o relevo sombreado do MDS. A partir deste levantamento começou-se a observar que o areal não apresentava uma mudança significativa de área de areia exposta em um curto período.

Os ortofotomosaicos da Figura 40 e da Figura 41 foram obtidos no terceiro trabalho de campo realizado no início de dezembro de 2016. Ambos possuem GSD de 5cm sendo que o primeiro é resultado de fotos tomadas em dois voos diferentes, com 75 e 110m de altura,

por volta de 13h da tarde. Já o segundo foi obtido a partir de fotografias tomadas no início da manhã aproximadamente 20 minutos após um evento de chuva. No ortofotomosaico da Figura 41 é possível observar o escoamento superficial recente através das diferentes tonalidades da areia exposta. Também os canais de escoamento ficam mais evidentes em um tom mais escuro pois o solo ainda estava úmido. A Figura 42 apresenta o relevo sombreado do MDS do areal obtido no terceiro trabalho de campo.

As Figuras 43 e 44 são os ortofotomosaicos obtidos no quarto e último trabalho de campo. A Figura 43 é resultado de fotografias obtidas a uma altura de 75m em relação ao solo e tem GSD de 5cm. A Figura 44 é produto de um voo realizado a uma altura de 110m em relação ao solo e possui GSD de 5cm. Neste último voo, ocorreu um evento de chuva no dia anterior, por essa razão pode-se observar no ortofotomosaico alguns canais de escoamento bem delimitados. A Figura 45 apresenta o MDS em relevo sombreado deste último levantamento.

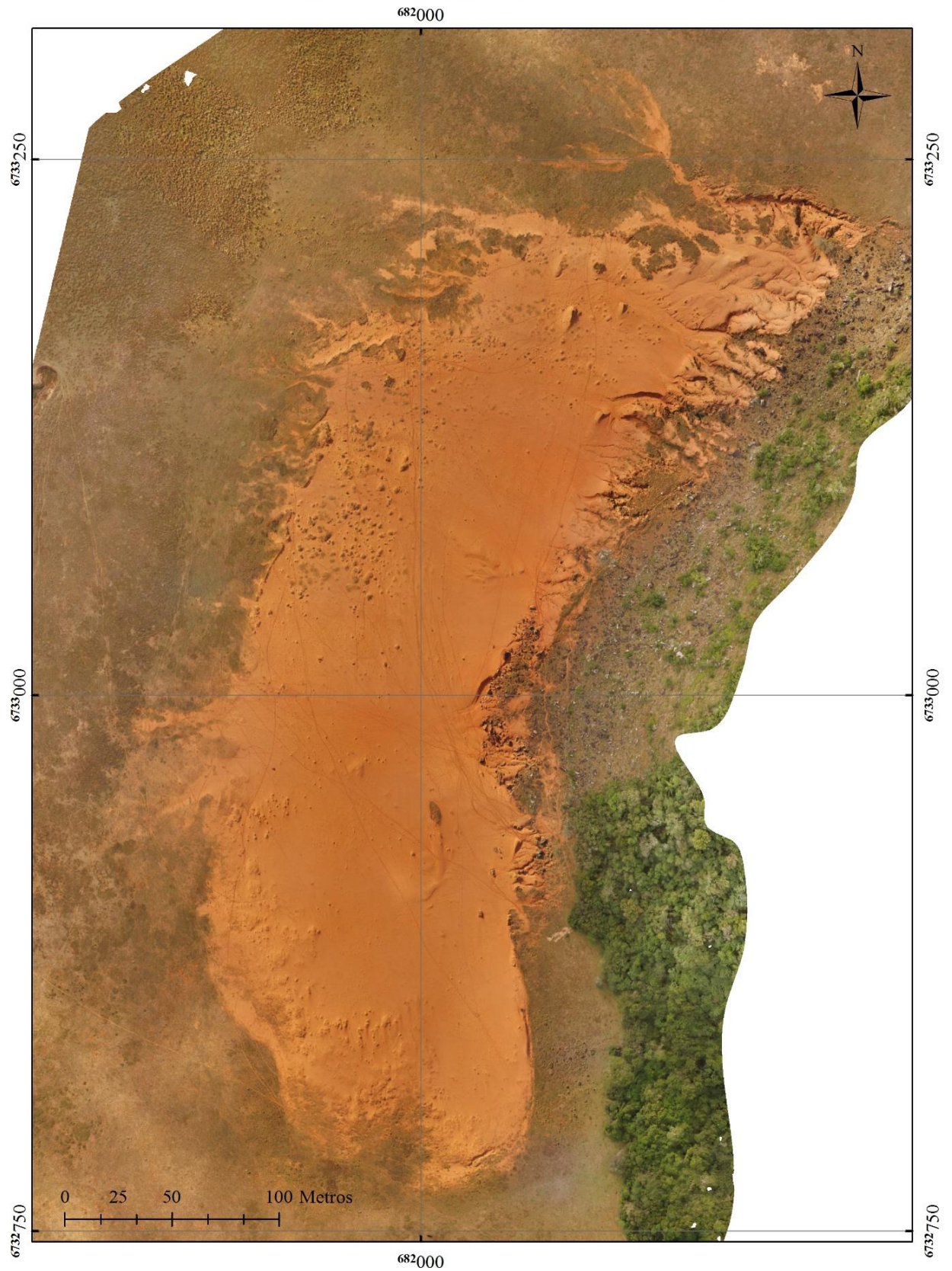
Ortofotomosaico - Levantamento 01 - Jun/2016

Figura 36 - Ortofotomosaico obtido no levantamento 01 em junho de 2016. Elaborado pelo autor.

Modelo digital de superfície - Levantamento 01 - Jun/2016

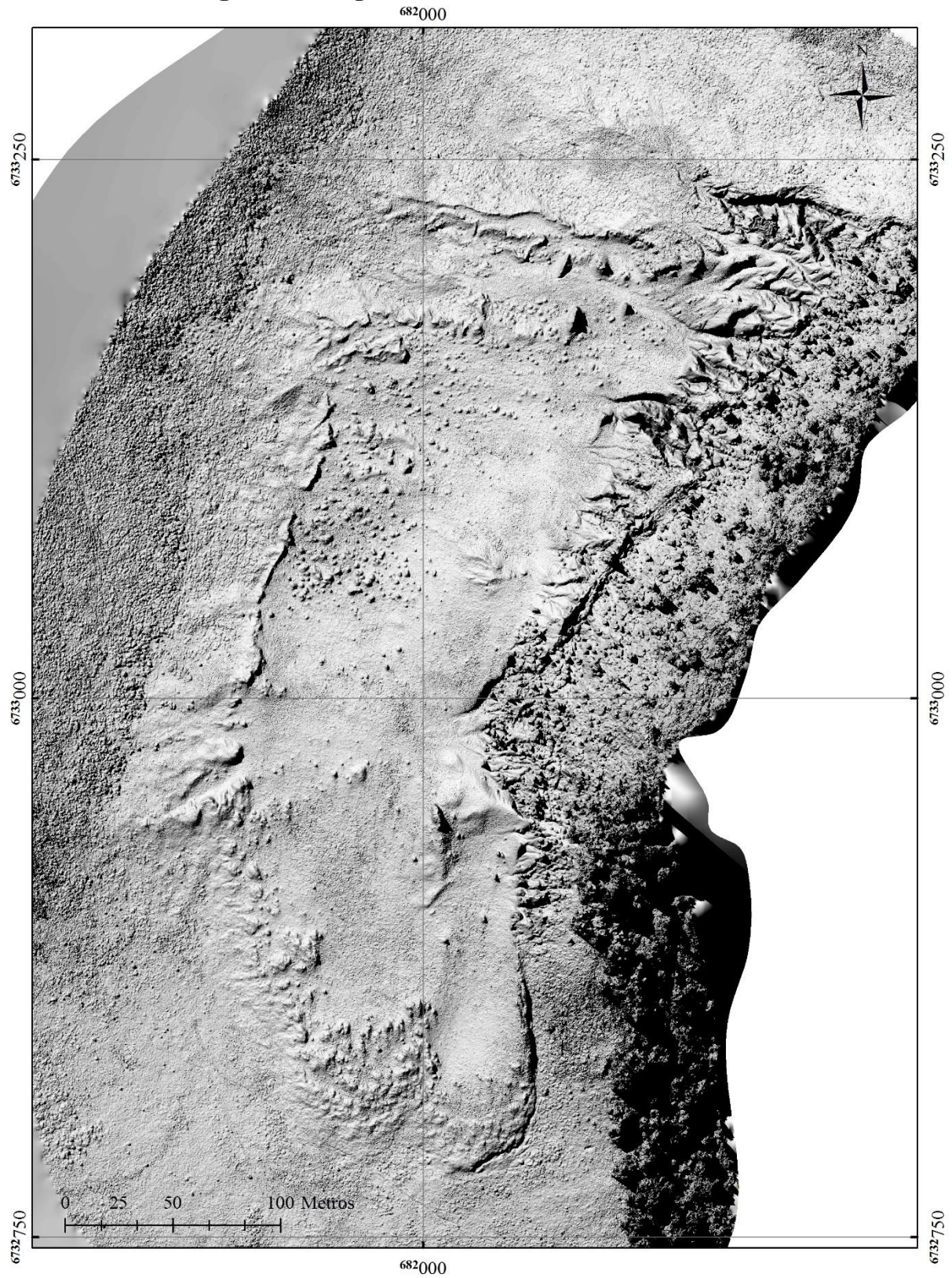


Figura 37 - Relevo sombreado do MDS obtido no levantamento 01 em junho de 2016. Elaborado pelo autor.

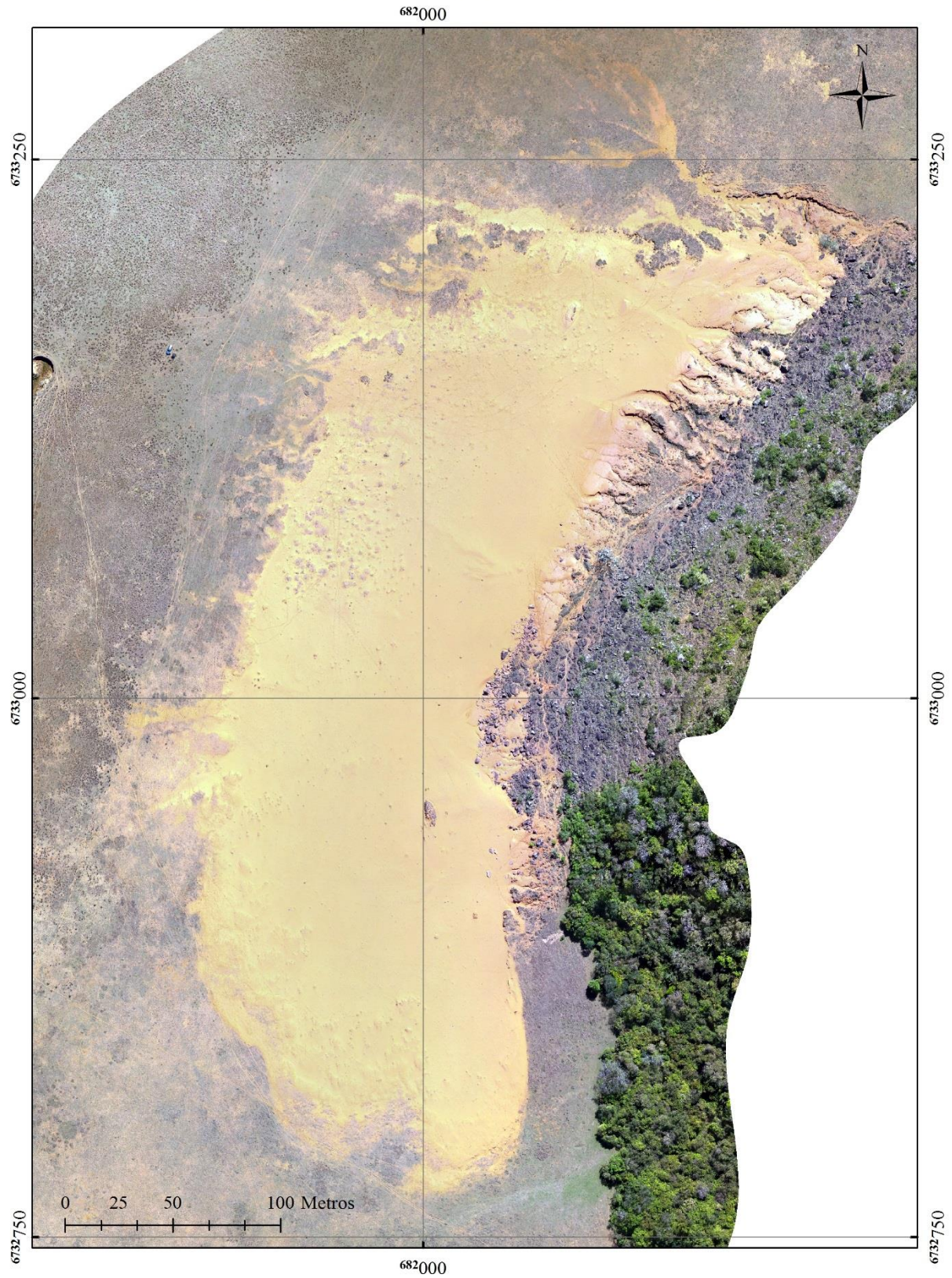
Ortofotomosaico - Levantamento 02 - Set/2016

Figura 38 - Ortofotomosaico obtido no levantamento 02 em setembro de 2016. Elaborado pelo autor.

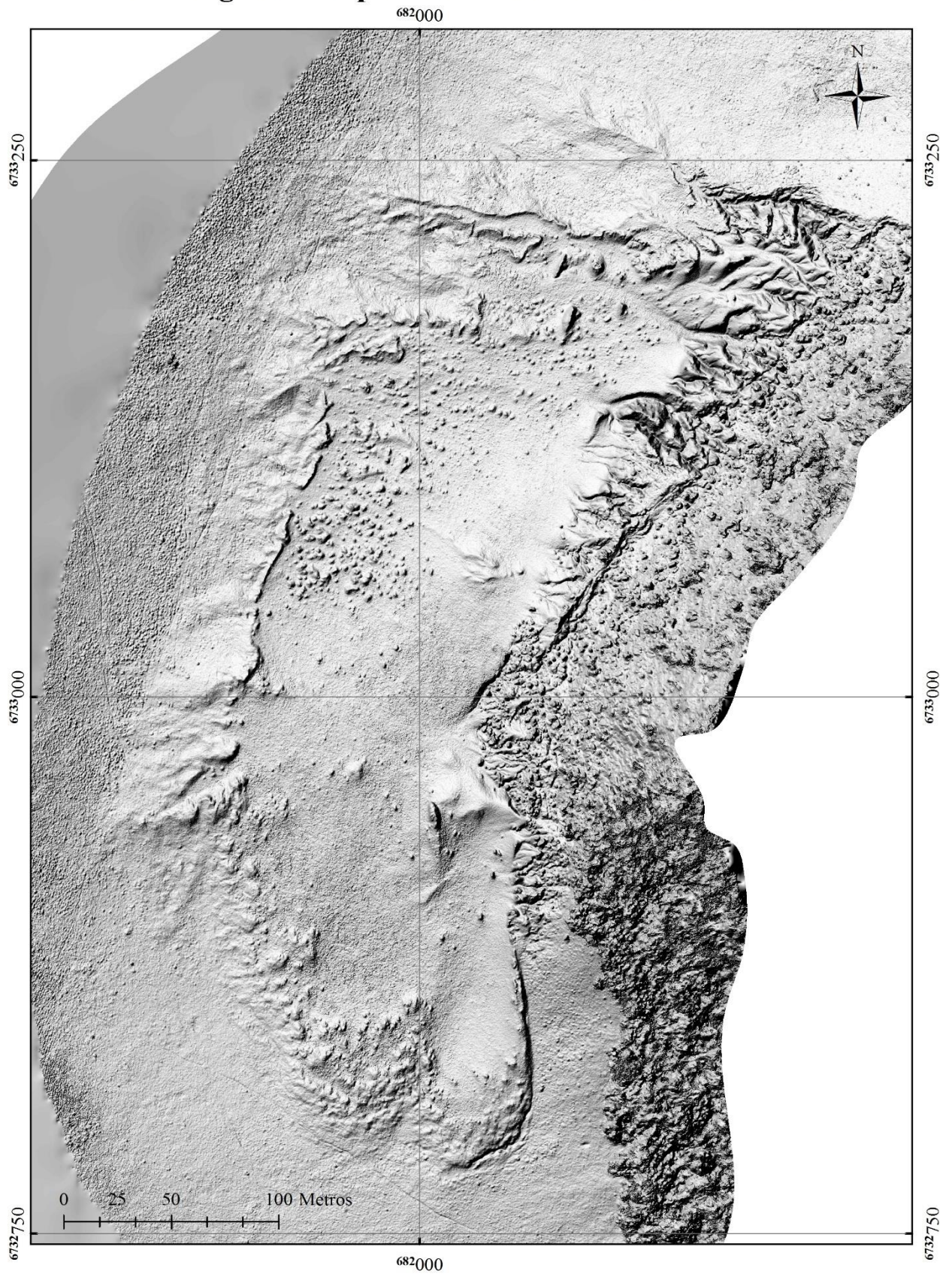
Modelo digital de superfície - Levantamento 02 - Set/2016

Figura 39 - Relevo sombreado do MDS obtido no levantamento 02 em setembro de 2016. Elaborado pelo autor.

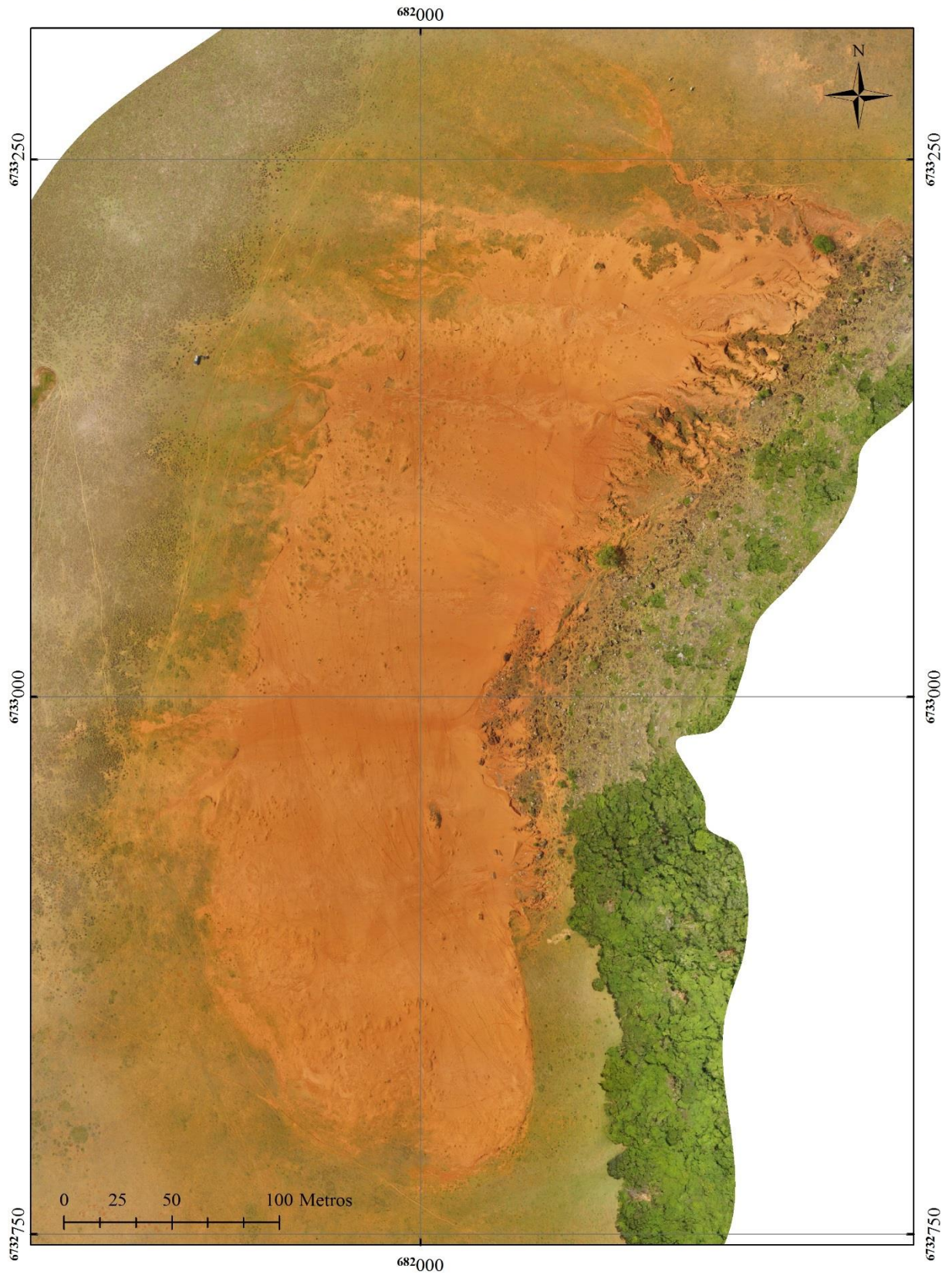
Ortofotomosaico 01 - Levantamento 03 - Dez/2016

Figura 40 – Ortofotomosaico 1 obtido no levantamento 03 em dezembro de 2016. Elaborado pelo autor.

Ortofotomosaico 2 - Levantamento 03 - Dez/2016



Figura 41 - Ortofotomosaico 2 obtido no levantamento 03 em dezembro de 2016. Elaborado pelo autor.

Modelo digital de superfície - Levantamento 03 - Dez/2016

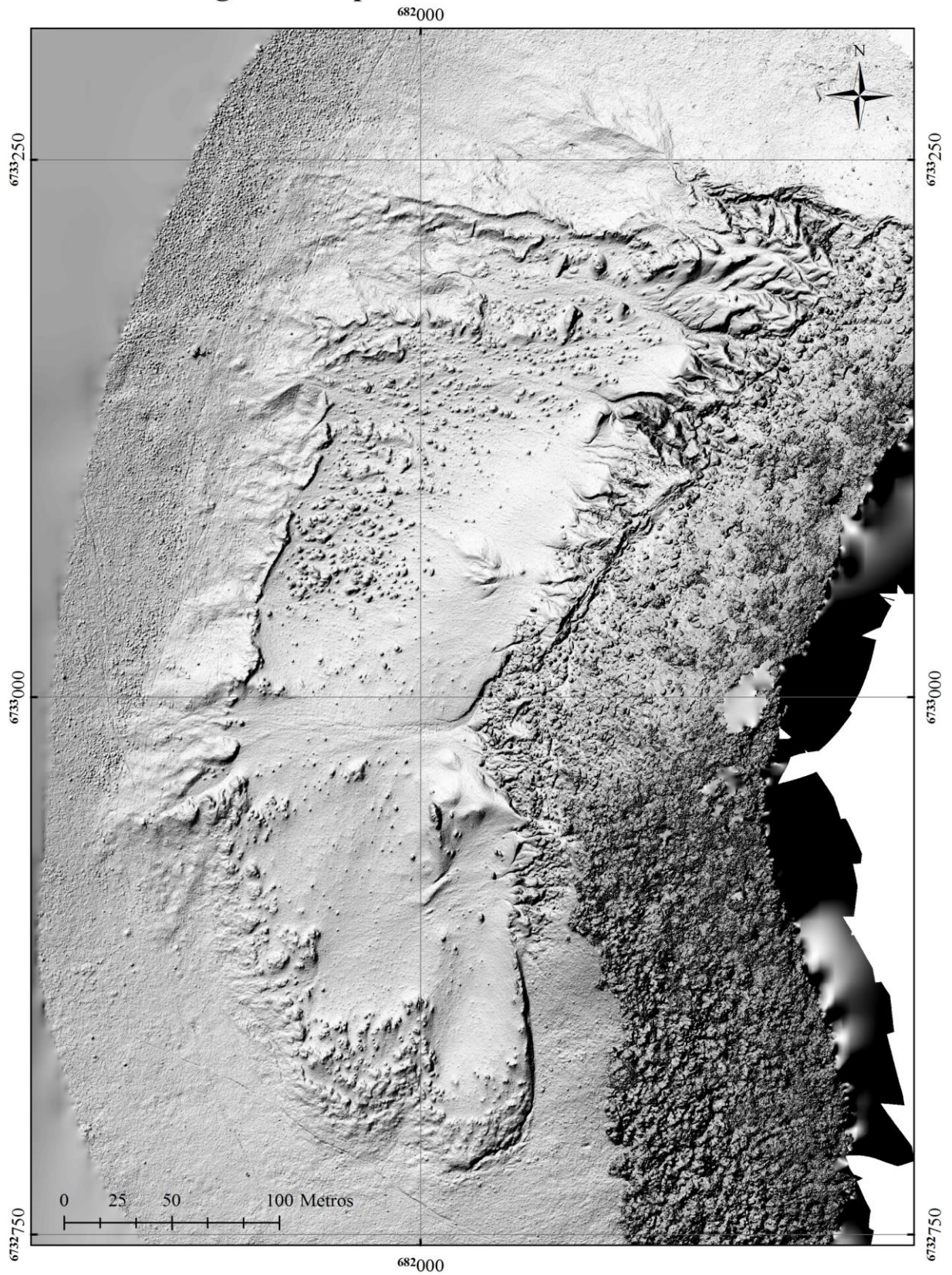


Figura 42 - Relevo sombreado do MDS obtido no levantamento 03 em dezembro de 2016. Elaborado pelo autor.

Ortofotomosaico 1 - Levantamento 04 - Mar/2017

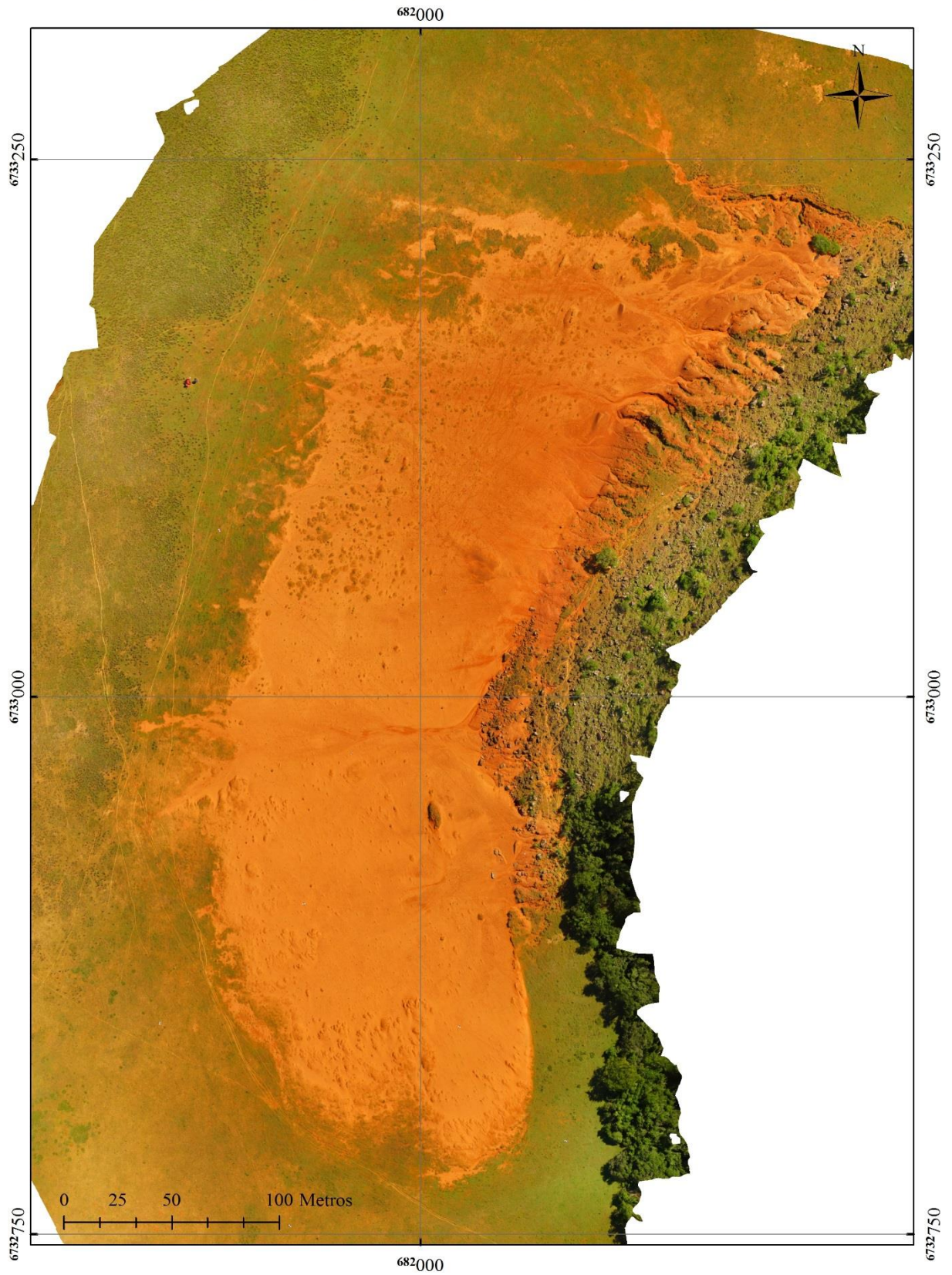


Figura 43 – Ortofotomosaico 1 obtido no levantamento 04 em março de 2017. Elaborado pelo autor.

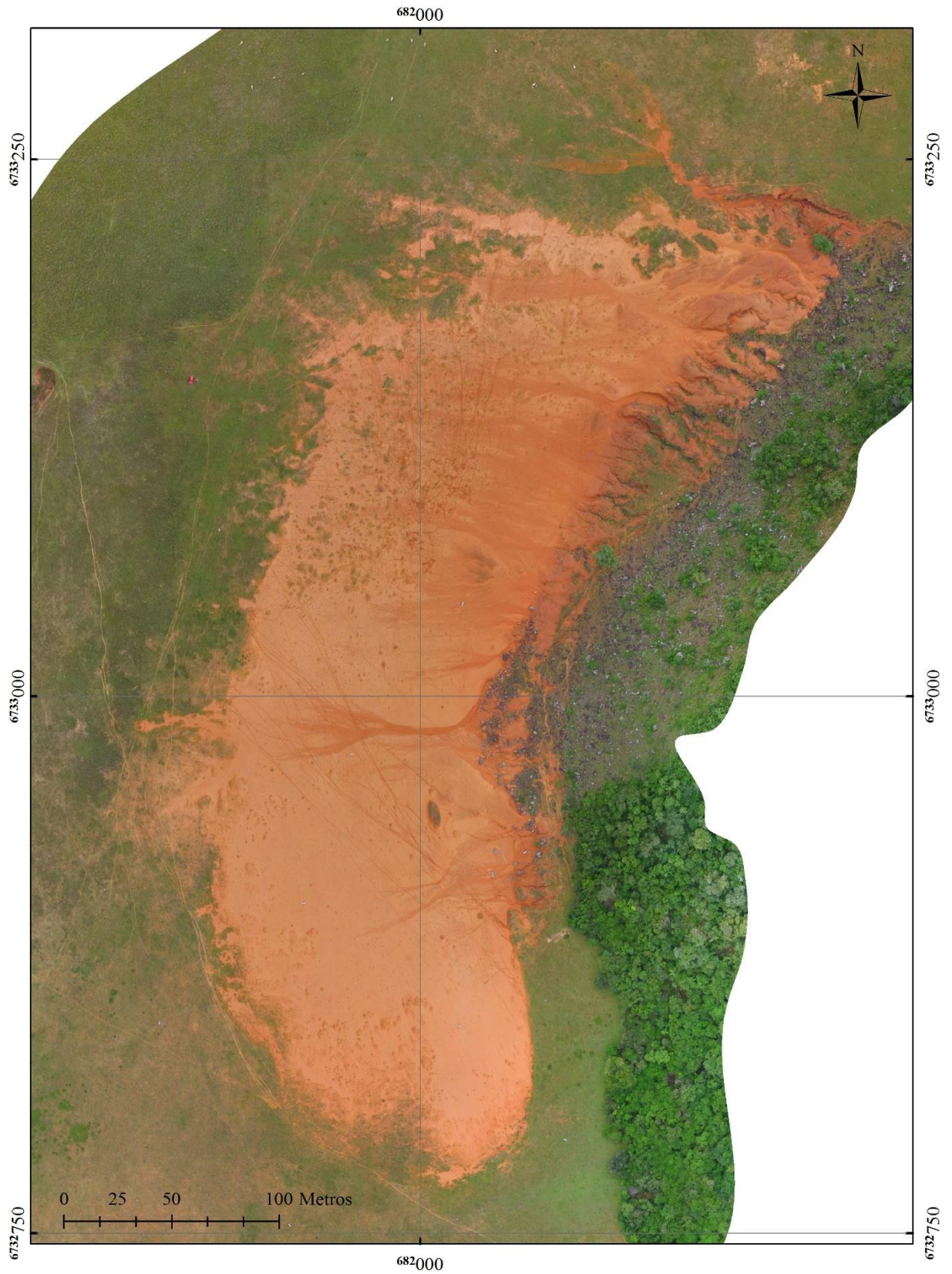
Ortofotomosaico 2 - Levantamento 04 - Mar/2017

Figura 44 - Ortofotomosaico 2 obtido no levantamento 04 em março de 2017. Elaborado pelo autor.

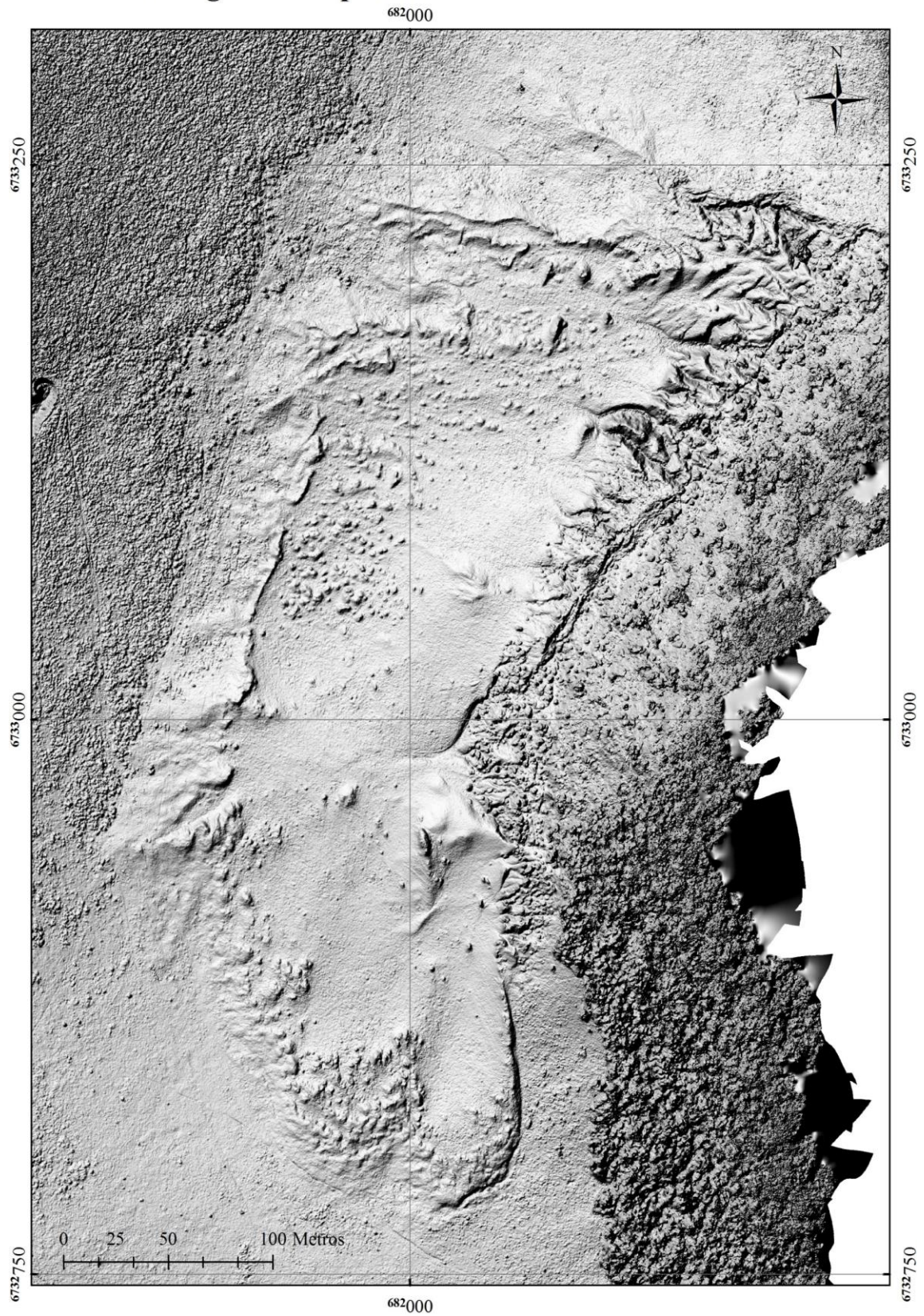
Modelo digital de superfície - Levantamento 04 - Mar/2017

Figura 45 - Relevo sombreado do MDS obtido no levantamento 04 em março de 2017. Elaborado pelo autor.

3.4 Resultado da análise da fisiologia da paisagem no Areal do Cerro da Esquina

A análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da esquina foi realizada a partir da divisão do areal em 5 compartimentos definidos por critérios de drenagem e de fotointerpretação para identificação dos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos – de origem hídrica ou eólica - atuantes no areal. Para melhor compreensão, alguns dos compartimentos foram ainda subdivididos em subcompartimentos menores. O resultado da compartimentação é mostrado na Figura 46.

Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina

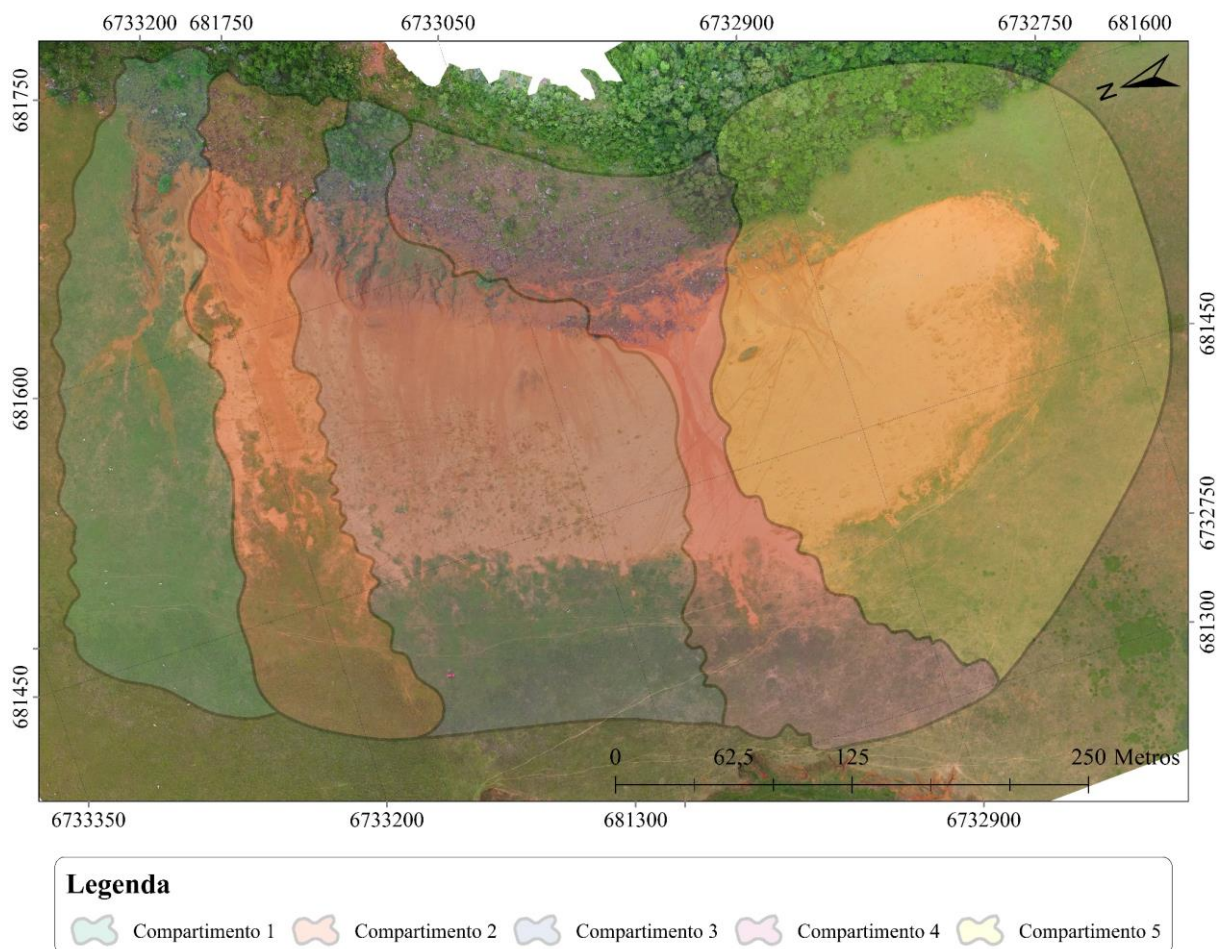


Figura 46 - Compartimentação do areal. Elaborado pelo autor.

Os compartimentos são descritos individualmente a seguir. É importante ressaltar que nos mapas apresentados estão assinalados os talwegues correspondentes a cada levantamento. Isso possibilitou a interpretação e o entendimento da evolução destes talwegues durante o ano experimental assim como assinala a atuação dos processos erosivos que atuaram no areal.

Compartimento 1

Este compartimento está localizado no setor mais ao norte do areal (Figura 47), sendo definido a partir da área drenagem de duas ravinas. A primeira delas, a ravina 1, com aproximadamente 140 m de comprimento, (assinalada em vermelho na Figura 48) inicia no sopé do morro, evolui pela vertente e acaba em um leque de deposição. A segunda ravina (assinalada em amarelo escuro na Figura 48), mais ao sul do compartimento, apresenta em torno de 115 metros de extensão e inicia, também no sopé do morro, evoluindo em direção leste-oeste.

Observou-se que a ravina 1 manteve-se estável ao longo do período estudado, mantém-se no curso, sendo que há uma mudança de ocorrência dos talwegues apenas no setor que corresponde ao leque de deposição. A ravina 2, contudo, mantém-se estável no primeiro, segundo e terceiro levantamento, mas toma um outro direcionamento no levantamento 4, indo mais para o sul. Isto pode ser observado na Figura 48 . Esta mudança é causada por uma erosão que ocorreu nesta parte superior do setor, ocasionada pela maior quantidade de chuva no período correspondente ao último levantamento (dezembro/2016, janeiro/2017 e fevereiro/2017).

Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 1

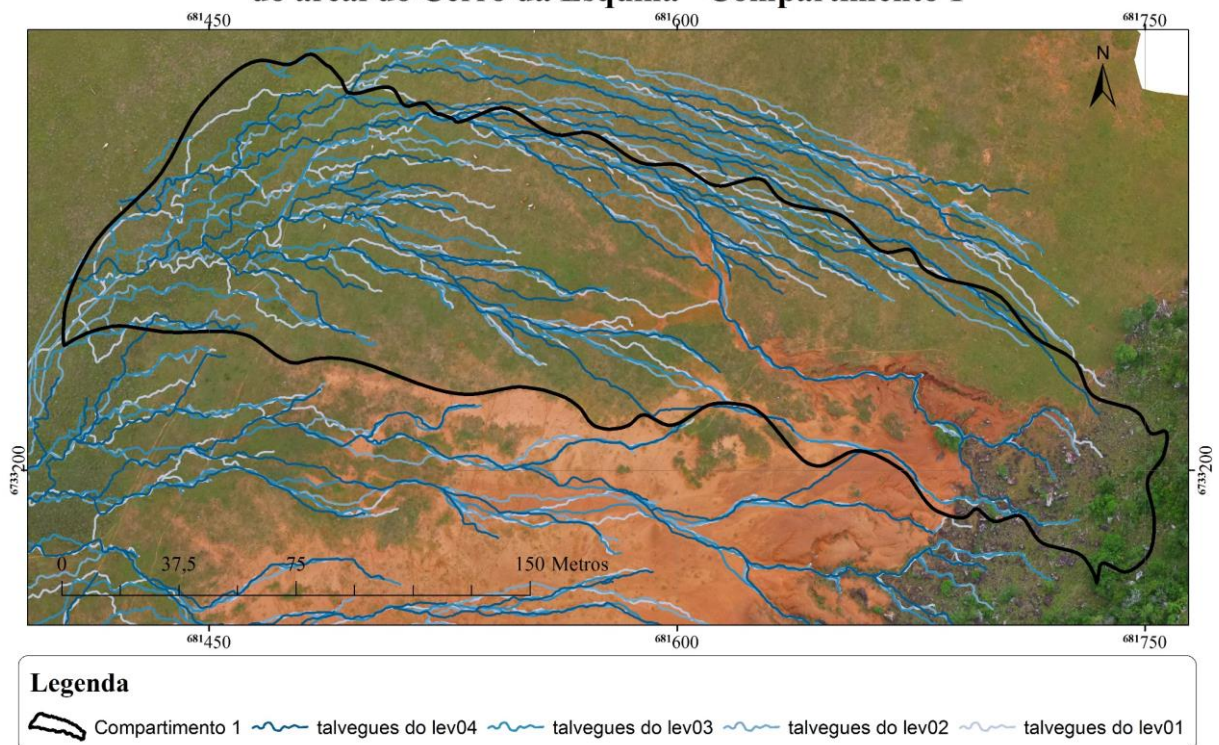


Figura 47 - Compartimento 01. Elaborado pelo autor.

Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 1

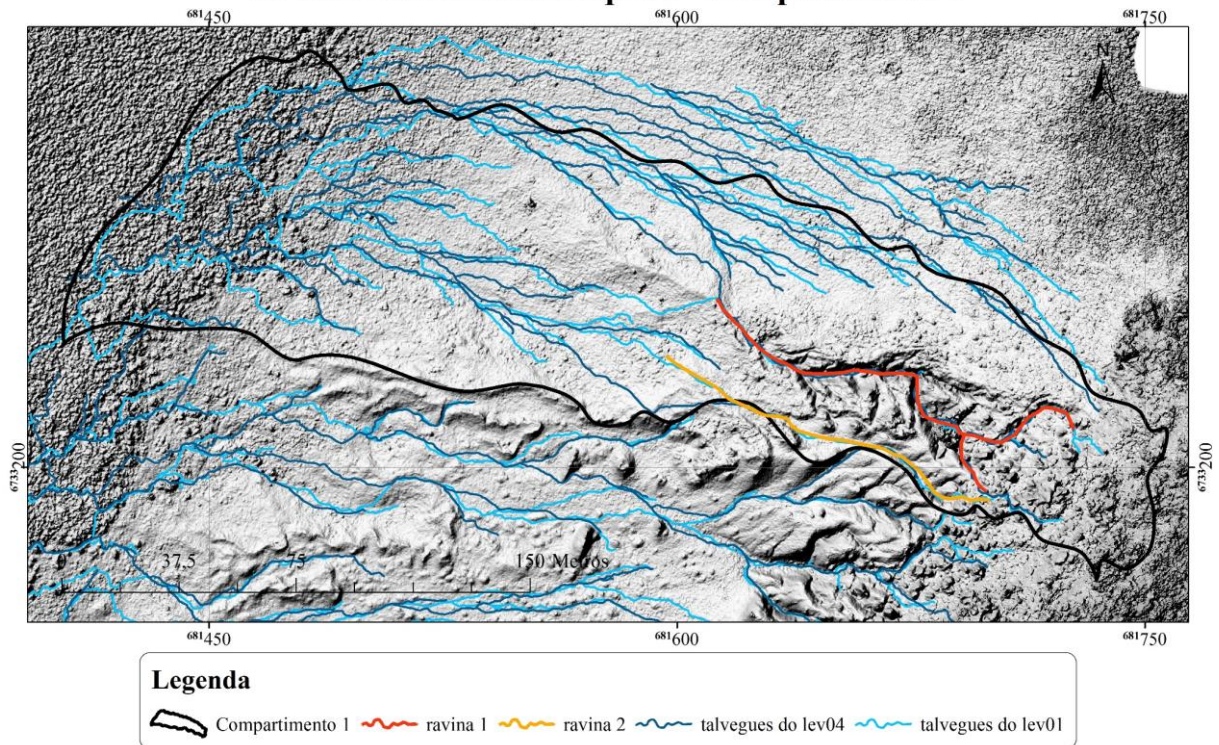


Figura 48 - Compartimento 01 com fundo de relevo sombreado. Elaborado pelo autor.

Compartimento 2

O compartimento 2 situa-se ao sul, adjacente ao compartimento 1. Foi delimitado a partir de três ravinamentos que ocorrem no sopé do morro e evoluem na direção leste-oeste através de canais paralelos com segmentos com padrão de forma dendrítica (Figura 49). Para melhor análise do compartimento 2, ele foi subdividido em três subcompartimentos conforme a Figura 50.

Observa-se, no subcompartimento A, localizado mais a montante, que ocorreu erosão e transporte estável no interior do canal, pois este se manteve no mesmo curso durante o ano experimental. Nestes ravinamentos foram identificadas erosões do tipo lateral e remontante, evidenciadas pela exposição de rochas que no primeiro levantamento não estavam tão visíveis. Microrelevos testemunhos também foram identificados neste subcompartimento e, juntamente com a erosão lateral e remontante em ravinas, são evidências de erosão hídrica.

No subcompartimento B, os talvegues apresentam um padrão de drenagem paralela, e os canais maiores deslocam-se paralelamente. O subcompartimento C, localiza-se na porção mais oeste deste setor, a jusante. Neste setor predomina a deposição dos sedimentos, sendo a maior dele coberta por gramíneas.

Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 2

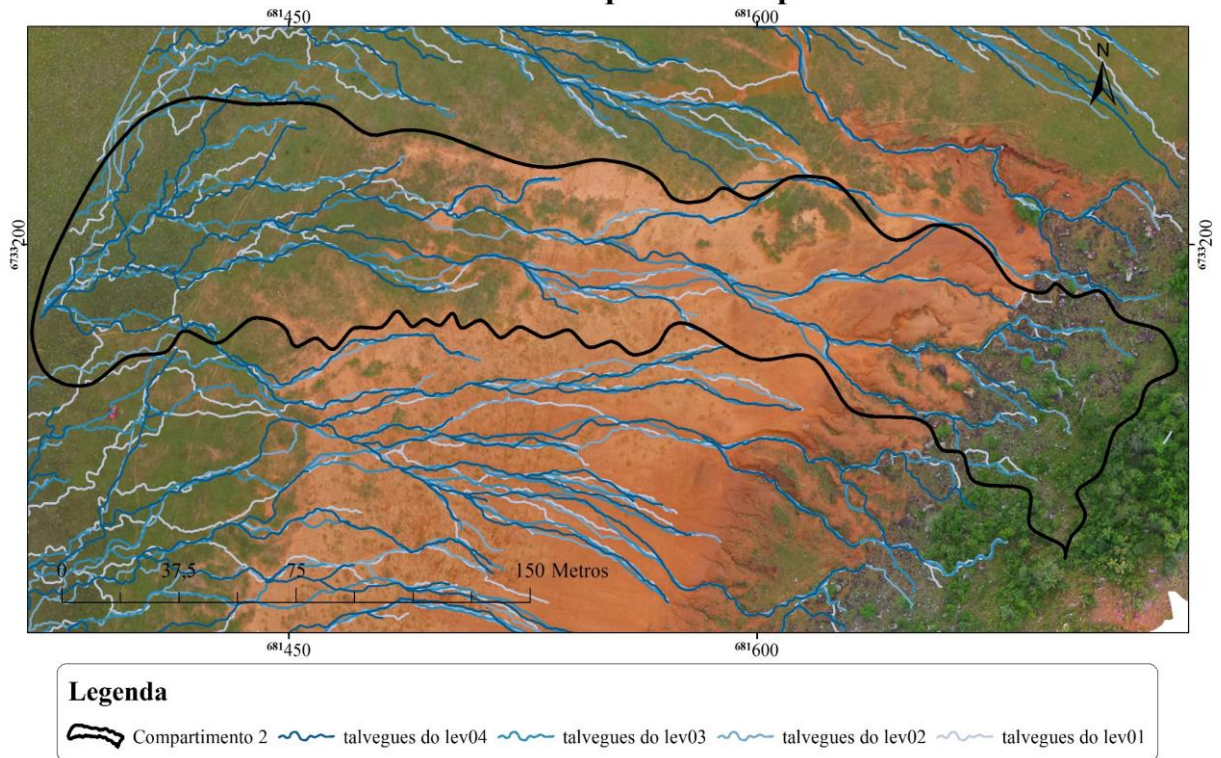


Figura 49 - Compartimento 02. Elaborado pelo autor.

Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 2

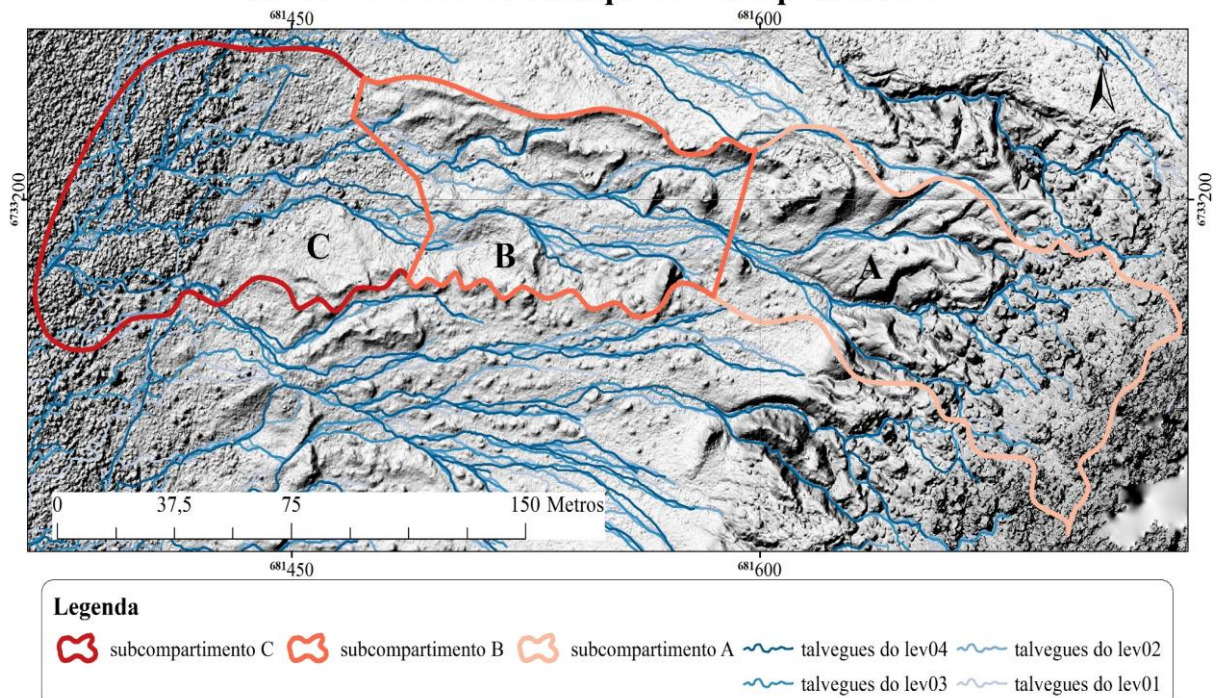


Figura 50 - Compartimento 02 e Subcompartimentos. Elaborado pelo autor.

Compartmento 3

Contíguo ao compartimento 2, tem-se o compartimento 3 (Figura 51). Este compartimento caracteriza-se por apresentar uma grande área de areia exposta, micro relevos testemunhos, ravinamentos e leques deposicionais recobertos por gramíneas. Apresenta duas grandes áreas de drenagem, uma na sua porção norte – subcompartimento A-, outra, na sul – subcompartimento B (Figura 52).

O subcompartimento A é caracterizado na área mais a montante por duas ravinas que apresentaram um comportamento meandrante ao longo do ano experimental. A jusante destes ravinamentos, encontram-se canais de transporte que apresentam um padrão de drenagem dendrítico em formato de delta. Por estes canais os sedimentos são transportados até a área de leques deposicionais que durante o ano experimental permaneceu recoberta por gramíneas. No subcompartimento B, identificam-se pequenos ravinamentos a montante pouco desenvolvidos. Na porção mais central, o posicionamento dos talwegues indica que esta é uma área plana, sem indícios de escoamento concentrado. Por apresentar uma grande área de areia exposta, infere-se que o compartimento 3 fica bastante exposto a erosão eólica quando os fatores climáticos possibilitam, sendo fonte de sedimento para o transporte eólico.

Compartmentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 3

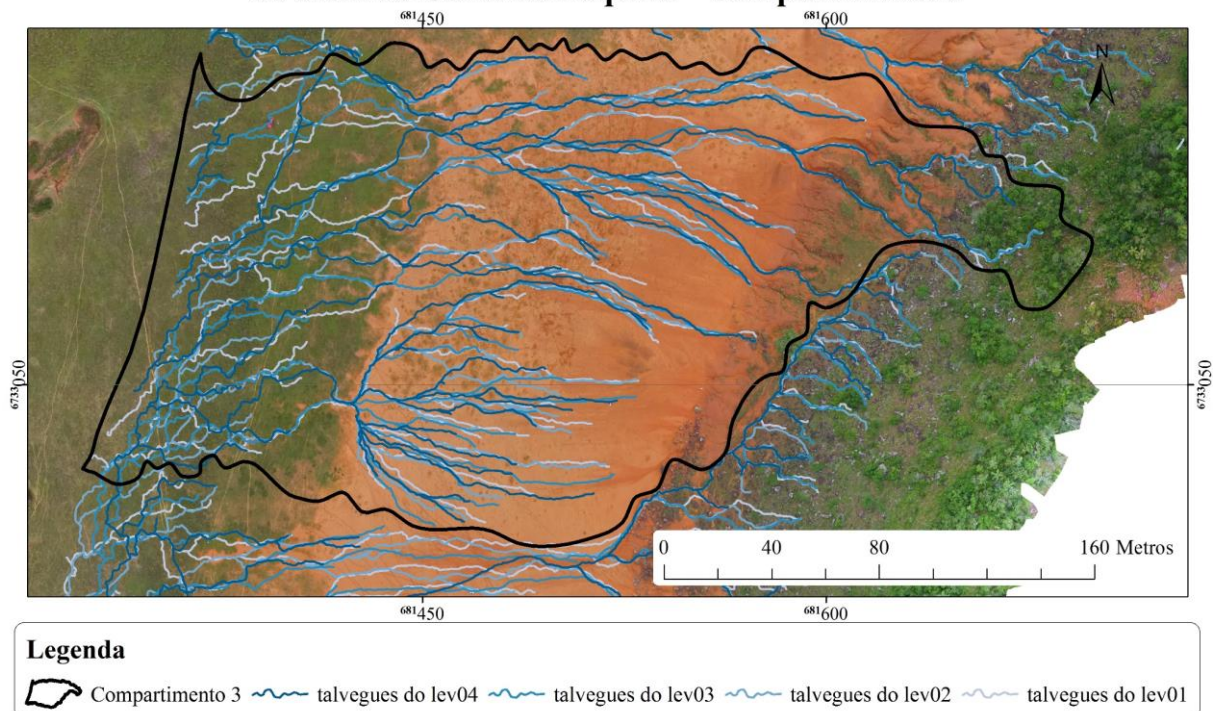


Figura 51 - Compartimento 3. Elaborado pelo autor.

Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 3

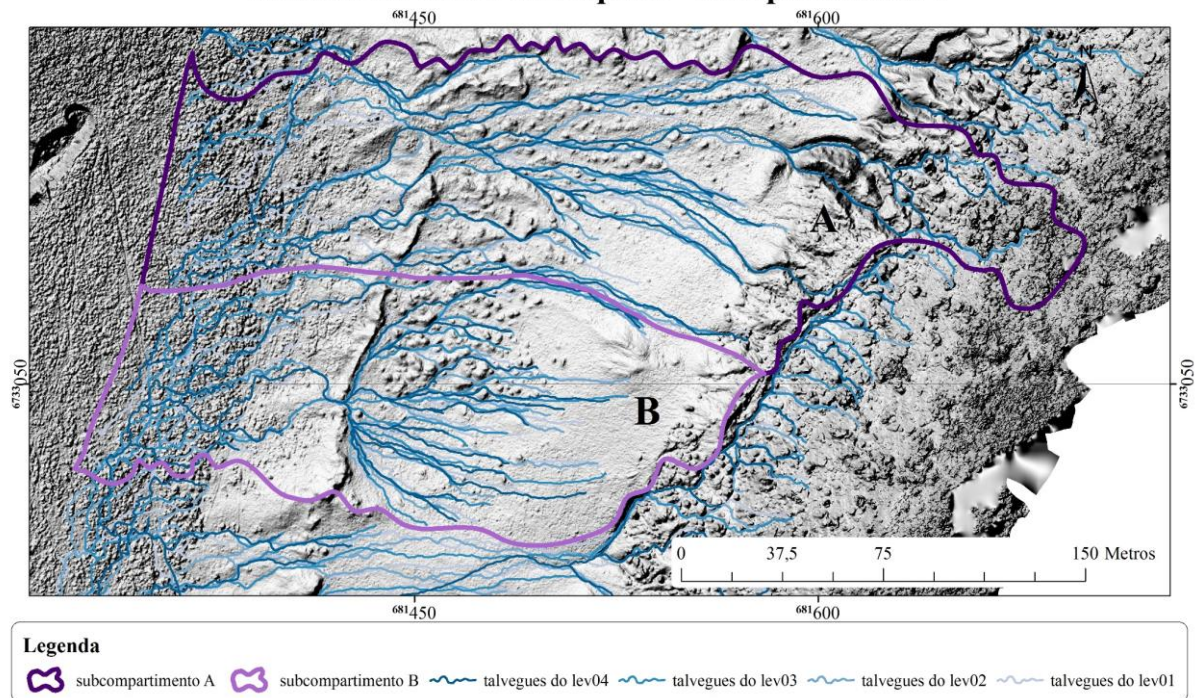


Figura 52 - Compartimento 3 e subcompartimentos A e B. Elaborado pelo autor.

Compartimento 4

O compartimento 4, localizado ao sul do compartimento 3 (Figura 53), pode ser dividido em três subcompartimento conforme a Figura 54. O primeiro – A - está localizado na média vertente do morro e concentra, em uma ravina, o escoamento de toda a área que fica a montante do compartimento 3. Esta ravina dá indícios de possuir um comportamento de transporte e erosão bastante ativos devido a uma grande área de drenagem a montante que favorece a concentração do escoamento. Infere-se que este ravinamentos foi intensificado e se configurou desta forma pela ação de pisoteio do gado que é criado no local. Por entre os matações podemos identificar essas marcas de pisoteio claramente. O subcompartimento B é caracterizado por canais de transporte de sedimentos que se deslocaram lateralmente ao longo do ano experimental. O subcompartimento C é uma área de deposição que marca a transição da área do areal para área de campo. Neste subcompartimento predominam os processos deposicionais.

**Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem
do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 4**

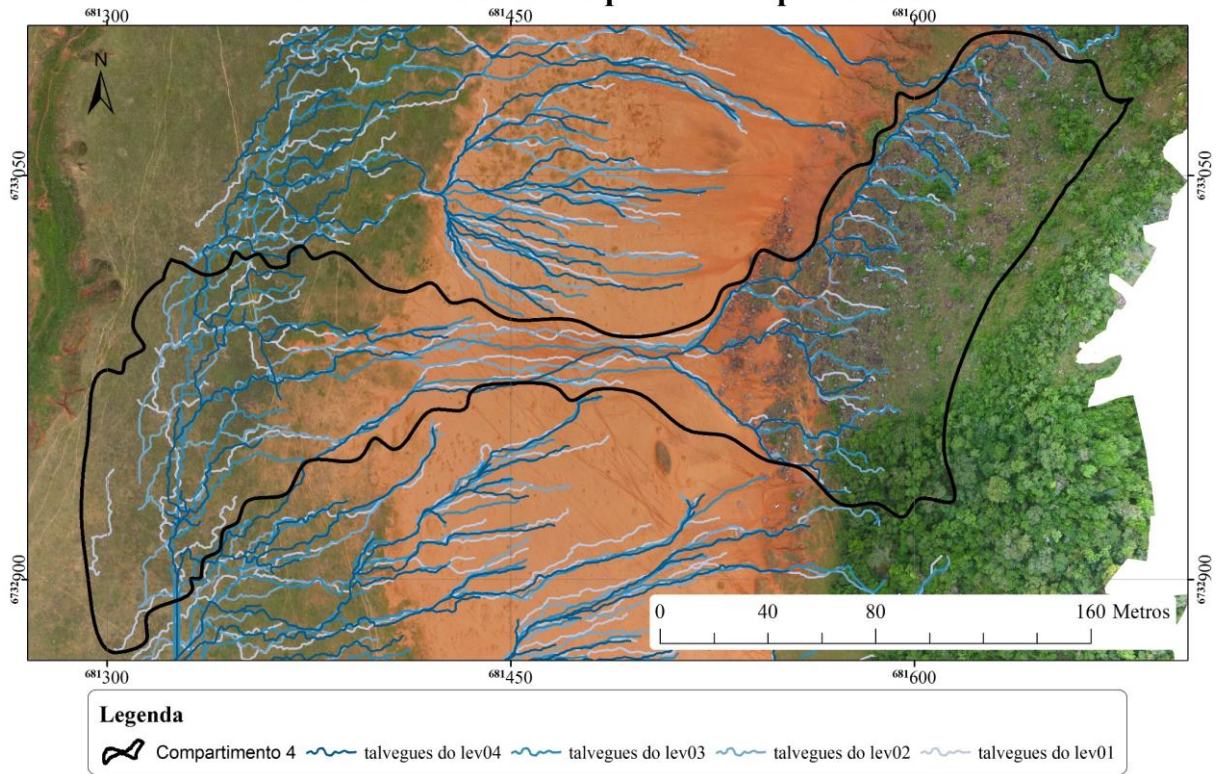


Figura 53 - Compartimento 4 - Elaborado pelo autor.

**Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem
do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 4**

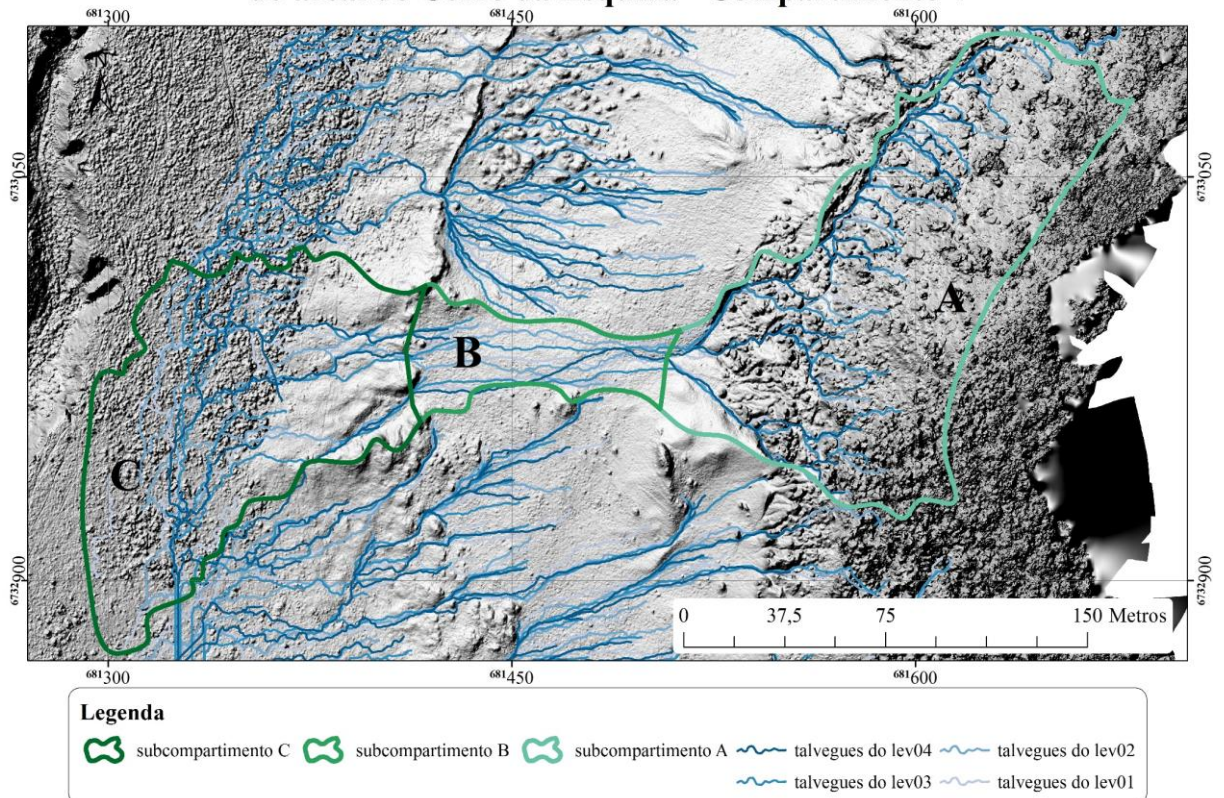


Figura 54 - Compartimento 4 e subcompartimentos. Elaborado pelo autor.

Compartimento 5

O compartimento 5 é o que fica mais ao sul do areal do Cerro da Esquina (Figura 55). Neste compartimento encontram-se menos indicadores da atuação de processos erosivos e de transporte de sedimentos por ação hídrica e mais evidências da atuação de processos eólicos. No entanto, há também indicativos de ocorrência de erosão hídrica no período estudado.

O compartimento 5 foi subdividido em 3 subcompartimentos: A, B e C conforme a Figura 56. O subcompartimento A é o que fica mais ao norte. Possui uma grande área de areia exposta. Encontra-se mais ao norte-noroeste desse subcompartimento uma pequena rede de drenagem não muito desenvolvida que leva os sedimentos até o setor mais a jusante. Mais ao sul encontra-se um canal que vai de nordeste a sudoeste. No subcompartimento B encontra-se ravinamentos na parte superior que evoluem através de canais que acabam em uma área de leques deposicionais mais a jusante. O subcompartimento C é caracterizado pela ocorrência de formas características de deposição eólica: dunas. Estas avançam em direção sul movidas pelo vento. Neste subsetor praticamente não se encontram feições características de processos erosivos e de transporte por ação hídrica.

Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 4

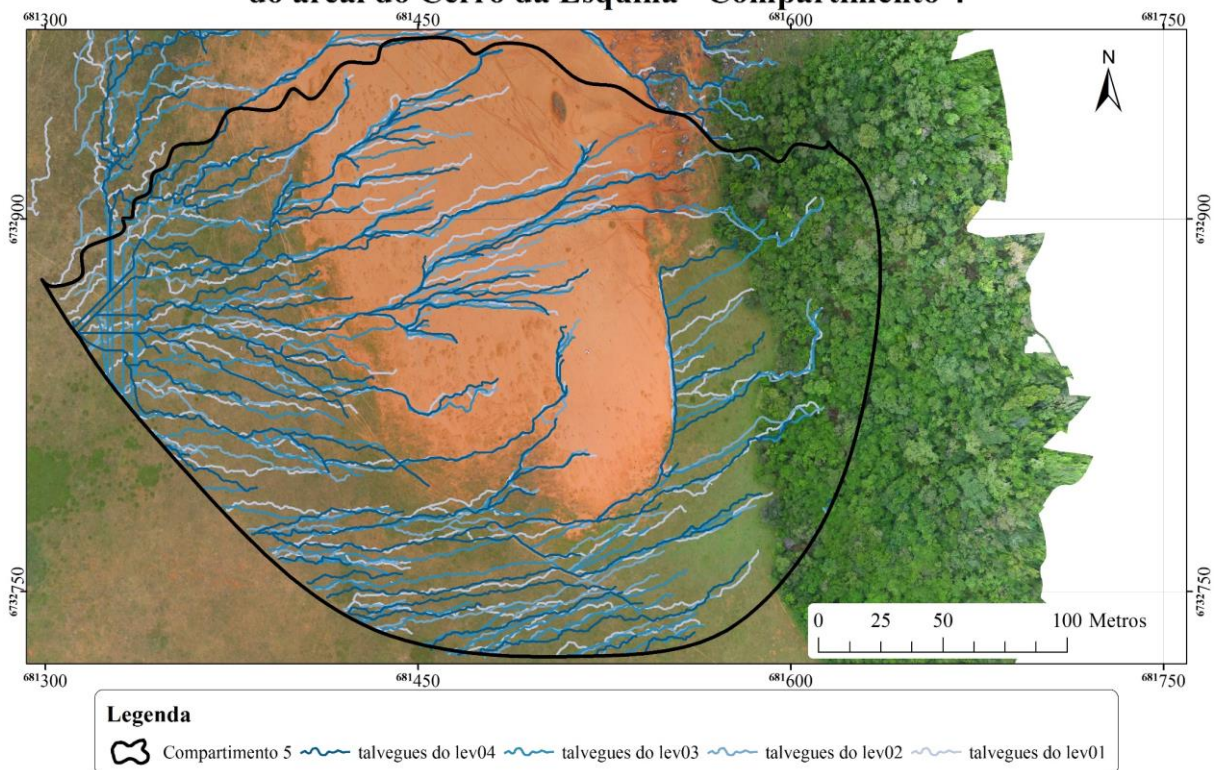


Figura 55 - Compartimento 5. Elaborado pelo autor.

Compartimentos utilizados para análise da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina - Compartimento 5

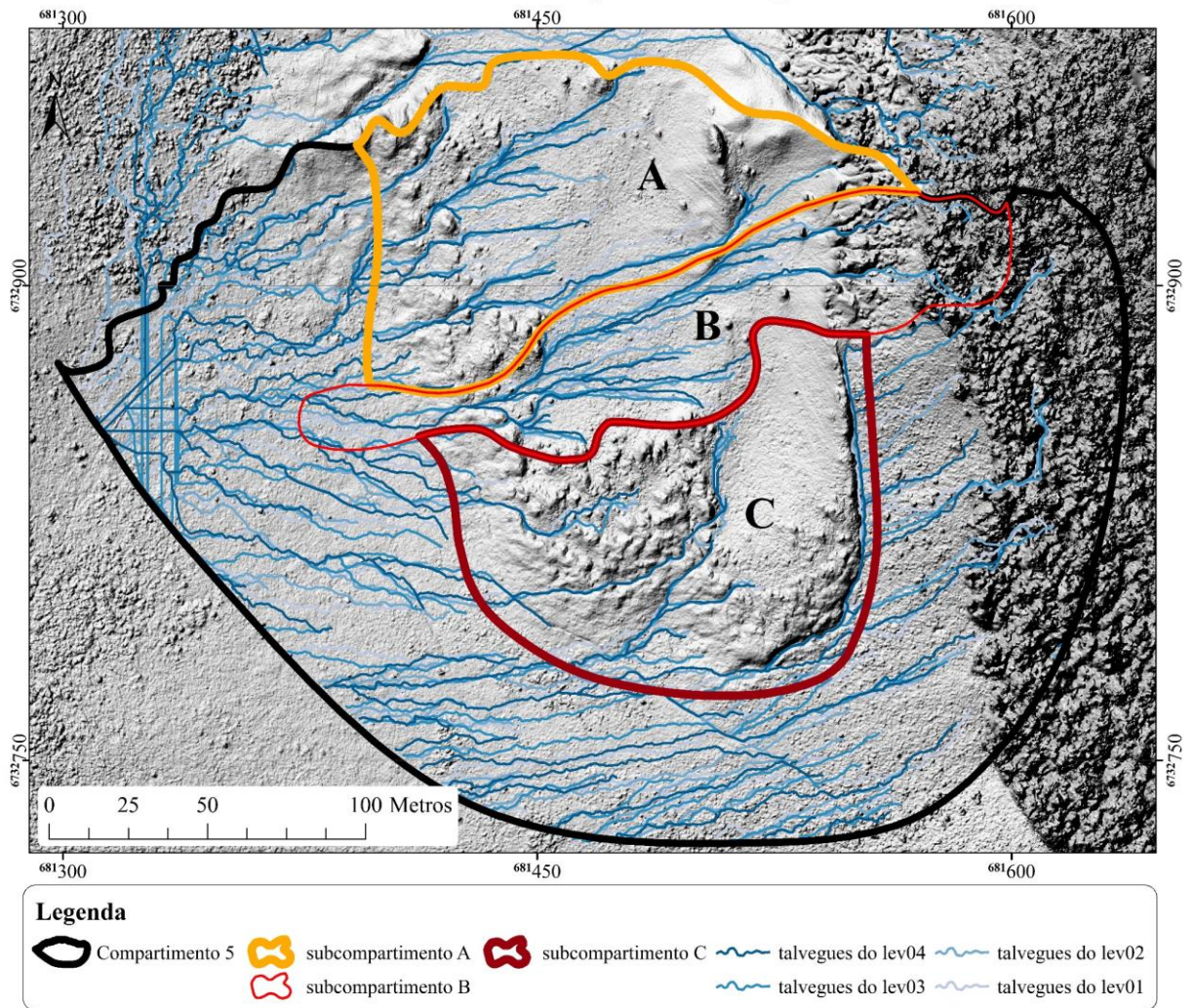


Figura 56 - Compartimento 5 e subcompartimentos. Elaborado pelo autor.

A divisão do areal em 5 compartimentos permitiu a análise detalhada dos processos atuantes em toda área de estudo. Com base nestas análises foi sistematizado uma mapa síntese da fisiologia da paisagem do areal do cerro da Esquina que é apresentada na seção a seguir.

Mapa síntese da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina

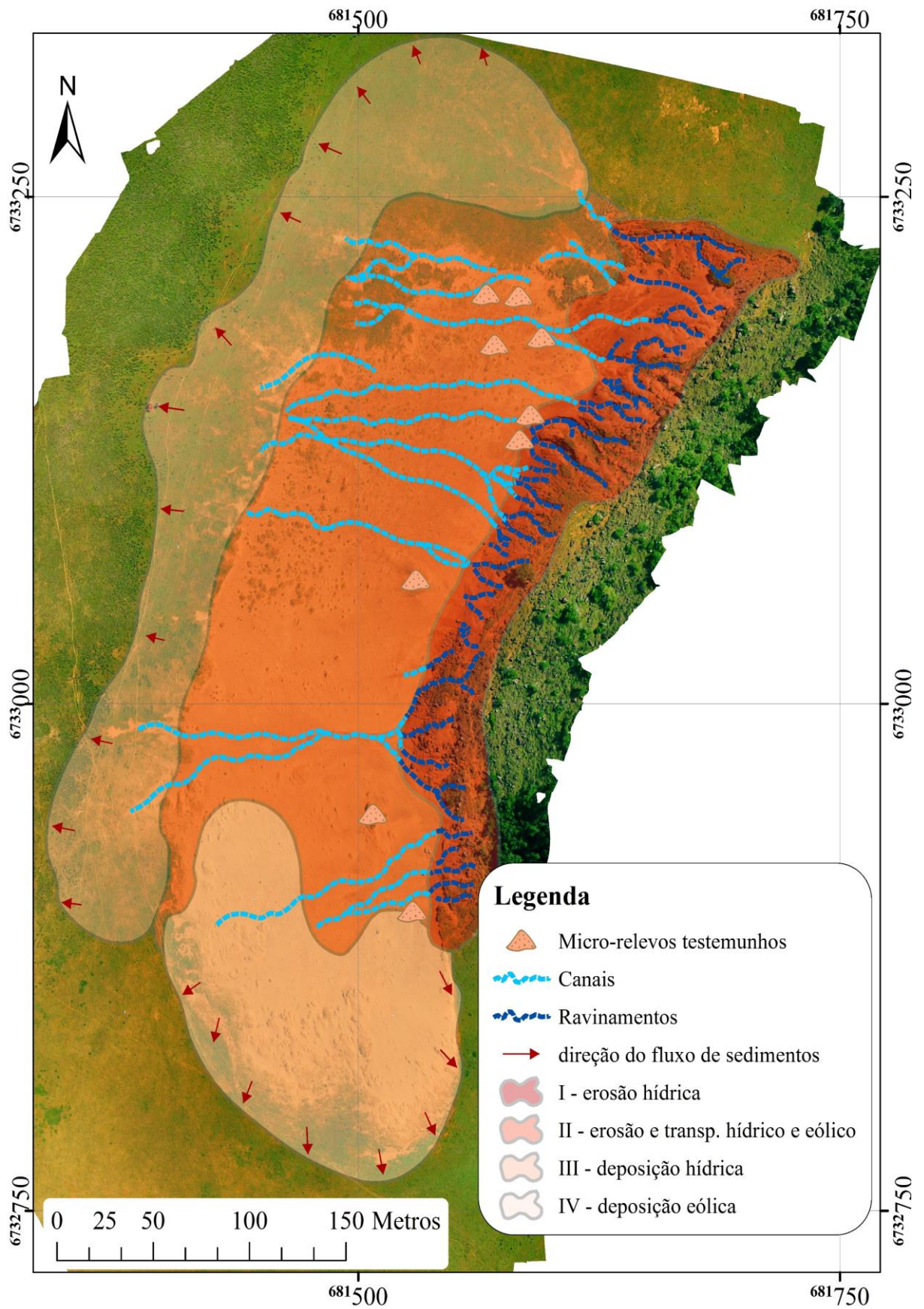


Figura 57- Mapa síntese da fisiologia da paisagem do areal do cerro da Esquina. Elaborado pelo autor.

Síntese da Fisiologia da Paisagem no areal do Cerro da Esquina

A partir da análise e interpretação dos dados apresentados anteriormente chegou-se a uma síntese da fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina durante o ano experimental que é apresentada na Figura 57.

Neste mapa síntese são assinalados os principais ravinamentos, canais de escoamento e micro relevos testemunhos encontrados no areal. Além disso o areal foi dividido em 4 setores de acordo com a predominância de determinado processo de erosão, transporte ou deposição de sedimentos denominados I – erosão hídrica, II – erosão e transporte de origem hídrica e eólica, III – deposição hídrica e IV – deposição eólica. Cada um desses setores é descrito a seguir:

I - Erosão hídrica

Neste setor do areal o processo predominante é o de erosão de origem hídrica. Localiza-se na área mais alta do areal e apresenta formas de relevo como vertentes com formas convexas, feições de sulcos, ravinas (Figura 58) e algumas áreas com a presença de demoiselles (Figura 59).



Figura 58 – Sulcos, ravinas e forma convexe no início da rampa logo abaixo do cerro da Esquina. Foto do autor (Mar/2017).



Figura 59 - Demoiselle no setor I. Foto do autor (Dez/2016)

II – Erosão e transporte de origem hídrica e eólica

É o setor de maior extensão no areal. Foi denominado de setor de erosão e transporte de origem hídrica e eólica, pois apresenta evidências de atuação tanto dos processos hídricos como eólicos sem haver uma predominância clara de um ou de outro. Apresenta grande extensão de areia exposta que, quando seca, fica exposta à ação dos ventos (processo de deflação - Figura 60 e Figura 61) que no local são predominantes na direção N-S.



Figura 60 - Vista Sudeste do areal do Cerro da Esquina – processo de deflação durante um dia de vento. Foto do autor (Jul/2017)

Neste setor encontra-se também os micro relevos testemunhos (Figura 61, Figura 62 e Figura 63) , que evidenciam a ação dos processos erosivos no areal.



Figura 61 - Vista Norte-Sul do setor II: micro relevos testemunhos e processo de deflação. Foto do autor (Jul/2017).



Figura 62 - Micro relevo testemunho no norte do areal. Foto do autor (Dez/2016).



Figura 63 - Micro relevo testemunho no sul do areal. Foto do autor (Dez/2016).

III - Deposição hídrica

Neste setor do areal ocorre a predominância dos processos deposicionais de origem hídrica. Nele se encontram leques deposicionais ativos e inativos, sendo alguns cobertos total ou parcialmente por gramíneas. As setas no mapa indicam a direção de movimentação desses sedimentos.



Figura 64 - Leque deposicional ativo no setor III. Foto do autor (Mar/2017).

IV - Deposição eólica

O quarto setor é onde predominam os processos de deposição de origem eólica. Isso evidencia-se pela ocorrência de dunas de médio porte nos limites do areal (Figura 65 e Figura 66) e pela ausência de outras formas características de processos de erosão e deposição de origem hídrica como ravinamentos, canais de escoamento bem desenvolvidos e leques deposicionais.



Figura 65 - Duna no limite do areal. Foto do autor (Dez/2016).



Figura 66 - Duna no limite do areal - vista Leste-Oeste. Foto do autor (Mar/2017).

4 CONSIDERAÇÕES

A partir da interpretação dos ortofotomosaicos, dos MDS e dos dados de pluviosidade, foi possível analisar a fisiologia da paisagem do areal do Cerro da Esquina. Esta análise foi desenvolvida com base na compartimentação do areal e posterior descrição dos compartimentos. A partir da análise minuciosa destes compartimentos, foi elaborado um mapa síntese que espacializou os tipos de processos atuantes na paisagem do areal e identificou as principais microformas de relevo estudadas.

Durante o período estudado, observou-se que os processos de erosão, transporte e deposição de origem hídrica foram os predominantes na maior parte do areal. O setor IV não mostrou avanço da frente da duna, e também não foi observado avanço da vegetação campestre sobre o areal nos setores III e IV. As mudanças observadas aconteceram nos compartimentos I e II, especialmente no compartimento I, onde dominaram os processos erosivos hídricos. Nestes compartimentos constatou-se o aprofundamento de ravinas, assim como uma movimentação lateral e meandrante nos principais canais de escoamento.

Em relação à área ocupada pelo areal, observou-se que esta não sofreu alteração, indicando que o areal manteve-se estável em termos de área. Durante o período, não foram observados avanços significativos da mancha de areia em direção ao campo, nem o contrário – avanço do campo sobre o areal.

Embora não tenha sido observado durante o período da pesquisa, devido aos fatores climáticos e o curto período de tempo, constitui-se uma hipótese que a expansão do areal pode ocorrer durante os períodos secos, quando a vegetação seca e areia avançam sobre o campo por ação eólica (deflação), e que o areal não irá retrair mais do que sua área atual. Apesar de ter sido um ano com condições de umidade favoráveis ao crescimento da vegetação, não observou-se avanço significativo desta vegetação sobre a mancha de areia.

A análise da fisiologia da paisagem em escala de grande detalhe permitiu observar a dinâmica hídrica particularmente e corroborar o que já é avaliado em escala de menor detalhe, ou seja, que a dinâmica dos areais está associada a escoamentos concentrados e à ação dos ventos.

Baseado nos resultados obtidos, considera-se que para melhores resultados em trabalhos futuros, o tempo de monitoramento precisa ser mais longo, abrangendo uma maior variação da pluviosidade. Ressalta-se, também, que para uma melhor análise dos fatores climáticos, enriqueceria o trabalho um monitoramento local de variáveis, como direção e intensidade de vento, umidade relativa do ar e pluviosidade. Esses dados permitem monitorar

a intensidade das chuvas e dos ventos, fatores importantes nas dinâmicas que controlam a fisiologia desta paisagem.

Por fim, considera-se que o monitoramento com a utilização de VANT apoiado por outras técnicas de levantamento topográfico são muitos eficientes para pesquisas como a que foi realizada, pois permite o levantamento de um grande volume de informações com qualidade cartográfica, com menores custos e com resolução temporal variável de acordo com os objetivos da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, [s. l.], v. 18, p. 1–23, 1969.
- SUERTEGARAY, D. M. A. **A trajetória da natureza : um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí-RS : uma síntese**. 1987. Universidade de São Paulo, [s. l.], 1987.
- AB'SABER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisa sobre o Quaternário**. Geomorfologia, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
- CASTRO, M. F. **Microformas de origem hídrica e eólica em areais**. Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- CARRIVICK, J. L., SMITH, M. W., QUINCEY, D. J. **Structure from Motion in the Geosciences**. Wiley-Blackwell, New York, 2016.
- KOHLER, H. C. A.. **Escala na Análise Geomorfológica**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.2, n.1, p.21-23. 2002.
- GUASSELLI, L. A. O mapeamento dos areais a partir de sensoriamento remoto. In: SUERTEGARAY, D.M.A.; SILVA, L.A.P.; GUASSELLI, L.A.. (Org.). **Arenização natureza socializada**. 1ed. Porto Alegre: Compasso Lugar-cultura e Imprensa Livre, 2012, v. 1, p. 97-123.
- HUTCHINSON, M. F., GALLANT, J. C. 1999. **Representation of terrain. In: Geographical Information Systems: Principles, Technical Issues, Management Issues and Applications**. Second Edition. Edited by Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. and Rhind, D.W. Wiley, New York, Chapter 9, pp 105-124.
- MACHADO, J.L.F. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema de Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul**. Porto alegre, 237p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, UNISINOS, 2005.
- MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2008 476p.
- SCHERER, C. M. S.; FACCINI, U.F. e LAVINA, E. **Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná**. In: HOLZ, M. e DE ROS, L.V. Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/ UFRGS, 2002. p. 335 – 354.
- SCHERER C.M.S. & LAVINA E.L.C. **Sedimentary cycles and facies architecture of aeolian-fluvial strata of the Upper Jurassic Guarú Formation, southern Brazil**. Sedimentology, nº 52, 2005 p. 1323-1341
- SMITH, M. W., AND VERICAT, D. **From experimental plots to experimental landscapes: topography, erosion and deposition in sub-humid badlands from Structure-**

from-Motion photogrammetry. Earth Surf. Process. Landforms, 40: 1656–1671. doi: 10.1002/esp.3747. (2015)

SHAHBAZI, M., SOHN, G., THÉAU, J., & MENARD, P. (2015). **Development and evaluation of a UAV-photogrammetry system for precise 3D environmental modeling.** Sensors, 15 (11), 27493–27524. <http://dx.doi.org/10.3390/s151127493>

SOUTO, J.J.P. **Deserto, uma ameaça?** Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. Estudos dos Núcleos de Desertificação na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, DRNR, 172 p. 1985.

SUERTEGARAY, D.M.A. **A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quarai-RS.** 243 f. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1987.

SUERTEGARAY, D. M. A.; VERDUM, R.; BELLANCA, E. T.; UAGODA, R. E. S.. **Sobre a gênese da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul.** Revista Terra Livre, Goiânia, v. 1, n. 24, p. 135-150, 2005.

VERDUM, R. **Approche géographique des deserts dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana – Etat do Rio Grande do Sul – Brésil.** 211f. Tese de Doutorado, Université de Toulouse II (Le Mirai), U.T.H, França, 1997.

VERDUM, R. ; SUERTEGARAY, D.M.A. A morfodinâmica dos areais: os processos e as formas no presente. O tempo que faz (weathering). In: SUERTEGARAY, D.M.A.; SILVA, L.A.P.; GUASSELLI, L.A. (orgs.). **Arenização: natureza socializada.** 1ed. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura & Imprensa Livre, 2012, v. 1, p. 173-183.

VERDUM, R SOARES, V. G., **DINÂMICA DE PROCESSOS EROSIVOS/DEPOSICIONAIS E MICROFORMAS DE RELEVO NO INTERIOR DOS AREAIS, SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL** Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, Set. 2010, pág 262 a 272.

VIEIRA, L.C. **Emprego de técnicas mecânico-vegetativas em ravinamento no areal em São Francisco de Assis – Sudoeste do Rio Grande do Sul.** 164 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, 2012.

WILDNER, W., RAMGRAB, G. E., LOPES, R. C. & IGLESIAS, C. M. F. **Mapa geológico do Estado do Rio grande do Sul.** Ministério de Minas e Energia. Porto Alegre: CPRM (Serviço Geológico do Brasil) 1 map. Escala 1:750.000. 1 CD-ROM. 2008.

APÊNDICE I – Relatórios dos processamentos dos pontos de controle

TRABALHO DE CAMPO 1 – JUNHO/2016

Ocupação e rastreo de dados GNSS pelo método estático

Project name: 2016_06_06 campo 001.ttp

Surveyor: Éder

Comment:

Linear unit: Meters

Projection: UTMSouth-Zone_21 : 60W to 54W

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 20

Number of plane control points: 3

Number of plane weighted points: 3

Number of used GPS vectors: 19

A posteriori plane UWE: 0,5288641 , Bounds: (0,3478505 , 1,668832)

Number of height control points: 3

Number of height weighted points: 3

A posteriori height UWE: 0,4110812 , Bounds: (0,1590597 , 1,920937)

Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE_CERCA-GCP001	-203,417	226,585	-1,311	0,001	0,002
BASE_CERCA-GCP002	-182,519	328,203	5,735	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP003	-238,202	446,692	21,602	0,001	0,002
BASE_CERCA-GCP004	-288,525	173,473	-2,707	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP005	-338,348	270,574	3,928	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP006	-369,244	368,798	19,478	0,001	0,002
BASE_CERCA-GCP007	-396,172	133,395	-4,882	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP008	-430,754	246,658	4,666	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP009	-482,152	97,213	-6,689	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP0010	-500,792	195,206	0,331	0,004	0,007
BASE_CERCA-GCP0011	-546,468	275,832	8,346	0,004	0,007
BASE_CERCA-GCP0012	-574,693	169,205	-2,851	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP0013	-625,604	105,627	-7,406	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP0014	-627,214	244,903	1,711	0,001	0,002
BASE_CERCA-GCP0015	-719,830	166,112	-4,695	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP0016	-680,246	294,450	4,315	0,001	0,002
BASE_CERCA-RSAL	-29563,344	-62276,137	-34,260	0,019	0,035
BASE_CERCA-RSCL	151568,746	39226,236	129,470	0,029	0,052
BASE_CERCA-SMAR	-25629,356	136381,411	-38,330	0,027	0,049

GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE_CERCA-GCP001	-203,417	226,585	-1,311	0,001	0,002
BASE_CERCA-GCP002	-182,519	328,203	5,735	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP003	-238,202	446,692	21,602	0,001	0,002
BASE_CERCA-GCP004	-288,525	173,473	-2,707	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP005	-338,348	270,574	3,928	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP006	-369,244	368,798	19,478	0,001	0,002
BASE_CERCA-GCP007	-396,172	133,395	-4,882	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP008	-430,754	246,658	4,666	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP009	-482,152	97,213	-6,689	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP0010	-500,792	195,206	0,331	0,004	0,007
BASE_CERCA-GCP0011	-546,468	275,832	8,346	0,004	0,007
BASE_CERCA-GCP0012	-574,693	169,205	-2,851	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP0013	-625,604	105,627	-7,406	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP0014	-627,214	244,903	1,711	0,001	0,002
BASE_CERCA-GCP0015	-719,830	166,112	-4,695	0,001	0,001
BASE_CERCA-GCP0016	-680,246	294,450	4,315	0,001	0,002
BASE_CERCA-RSAL	-29563,344	-62276,137	-34,260	0,019	0,035
BASE_CERCA-RSCL	151568,746	39226,236	129,470	0,029	0,052
BASE_CERCA-SMAR	-25629,356	136381,411	-38,330	0,027	0,049

Control Points

Name	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)	Code
RSAL	29°47'22,00360"S	55°46'07,82300"W	117,207	
RSCL	28°08'30,76930"S	54°45'17,13340"W	280,904	
SMAR	29°43'08,12600"S	53°42'59,73530"W	113,112	

Adjusted Points

Name	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)	Code
BASE_CERCA	29°30'54,75224"S	55°07'46,91507"W	151,453	BASE00
GCP001	29°31'01,23948"S	55°07'38,38105"W	150,142	BASE00
GCP002	29°31'00,50768"S	55°07'34,62073"W	157,188	GCP000
GCP003	29°31'02,25385"S	55°07'30,18820"W	173,055	GCP000
GCP004	29°31'04,03099"S	55°07'40,30206"W	148,746	GCP000
GCP005	29°31'05,59816"S	55°07'36,66711"W	155,381	GCP000
GCP006	29°31'06,55003"S	55°07'33,00178"W	170,931	GCP000
GCP007	29°31'07,54764"S	55°07'41,72570"W	146,571	GCP000
GCP008	29°31'08,61141"S	55°07'37,49981"W	156,119	GCP000
GCP009	29°31'10,35863"S	55°07'43,01771"W	144,764	GCP000
GCP0010	29°31'10,91269"S	55°07'39,36824"W	151,784	GCP000
GCP0011	29°31'12,35378"S	55°07'36,34736"W	159,799	GCP000
GCP0012	29°31'13,32612"S	55°07'40,28941"W	148,602	GCP000
GCP0013	29°31'15,01264"S	55°07'42,61956"W	144,047	GCP000
GCP0014	29°31'14,99206"S	55°07'37,44741"W	153,164	GCP000
GCP0015	29°31'18,04086"S	55°07'40,31745"W	146,758	GCP000
GCP0016	29°31'16,68827"S	55°07'35,57607"W	155,768	GCP000

TRABALHO DE CAMPO 2 – SETEMBRO/2016

Project name: 2016_09.ttp

Surveyor: Eder

Comment:

Linear unit: Meters

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 37

Number of plane control points: 3

Number of plane weighted points: 3

Number of used GPS vectors: 40

A posteriori plane UWE: 0,6931261 , Bounds: (0,6055301 , 1,394633)

Number of height control points: 3

Number of height weighted points: 3

Number of rejected GPS vectors by height: 1

A posteriori height UWE: 0,5681665 , Bounds: (0,4076763 , 1,601874)

Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASECERRO–GCP002	98,470	-99,600	-16,709	0,001	0,002
BASECERRO–RAV001	47,399	-123,915	-17,304	0,001	0,002
BASECERRO–RAV002	91,685	-146,750	-20,286	0,001	0,002
BASECERRO–RAV003	74,775	-64,445	-12,641	0,001	0,002
BASECERRO–RAV004	31,209	-67,332	-10,623	0,002	0,003
BASECERRO–RAV005	60,045	-18,453	-7,444	0,002	0,003
BASECERRO–RAV006	15,749	-19,001	-4,795	0,002	0,005
BASECERRO–RAV007	7,264	16,816	2,313	0,002	0,003
BASECERRO–RSAL	-30295,119	-62227,402	-432,274	0,018	0,035
BASECERRO–RSCL	152419,906	36396,352	-1826,137	0,026	0,054
BASECERRO–SMAR	-23131,119	136286,829	-1557,836	0,026	0,049
BASECERRO2–GCP001	75,991	-200,855	-23,731	0,003	0,012
BASECERRO2–GCP004	-9,924	-252,506	-25,155	0,001	0,005
BASECERRO2–GCP005	-58,322	-154,621	-18,528	0,001	0,004
BASECERRO2–GCP006	-87,627	-55,964	-2,962	0,002	0,006
BASECERRO2–RSAL	-30295,110	-62227,393	-432,239	0,014	0,037
BASECERRO2–RSCL	152419,917	36396,378	-1826,086	0,021	0,056
BASECERRO2–SMAR	-23131,119	136286,837	-1557,854	0,020	0,052
BASECERRO3–RSAL	-30295,132	-62227,387	-432,277	0,018	0,035
BASECERRO3–RSCL	152419,900	36396,378	-1826,124	0,028	0,052
BASECERRO3–SED001	97,617	-111,859	-17,138	0,151	0,277
BASECERRO3–SED002	85,270	-126,997	-18,146	0,024	0,047
BASECERRO3–SED003	66,855	-132,549	-18,334	0,044	0,081
BASECERRO3–SED004	71,844	-110,082	-15,881	0,001	0,002
BASECERRO3–SED006	59,822	-100,579	-15,064	0,001	0,003
BASECERRO3–SED007	45,315	-59,865	-9,596	2,373	1,484
BASECERRO3–SED008	38,111	-33,386	-10,241	0,003	0,008
BASECERRO3–SED009	29,314	-6,138	-3,894	0,003	0,007

BASECERRO3-SED0010	19,172	18,375	0,887	0,005	0,009
BASECERRO3-SED0011	6,799	-10,421	-3,287	0,003	0,008
BASECERRO3-SMAR	-23131,139	136286,842	-1557,910	0,026	0,049
BASECERRO3-V001	-31,656	-358,928	-27,996	0,001	0,002
BASECERRO3-V002	-148,804	-387,848	-29,634	0,001	0,003
BASECERRO3-V003	-304,844	-423,677	-31,556	0,004	0,007
BASECERRO3-V004	-414,423	-578,544	-36,108	0,002	0,004
BASECERRO3-V005	-335,819	-635,630	-36,335	0,002	0,003
BASECERRO3-V006	-276,906	-548,190	-32,633	0,001	0,002
BASECERRO3-V007	-226,972	-503,219	-31,033	0,001	0,002
BASECERRO3-V008	-150,976	-475,444	-29,854	0,002	0,003
BASECERRO3-V009	-48,778	-432,477	-28,454	0,003	0,005

GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASECERRO-GCP002	98,470	-99,600	-16,709	0,001	0,002
BASECERRO-RAV001	47,399	-123,915	-17,304	0,001	0,002
BASECERRO-RAV002	91,685	-146,750	-20,286	0,001	0,002
BASECERRO-RAV003	74,775	-64,445	-12,641	0,001	0,002
BASECERRO-RAV004	31,209	-67,332	-10,623	0,002	0,003
BASECERRO-RAV005	60,045	-18,453	-7,444	0,002	0,003
BASECERRO-RAV006	15,749	-19,001	-4,795	0,002	0,005
BASECERRO-RAV007	7,264	16,816	2,313	0,002	0,003
BASECERRO-RSAL	-30295,119	-62227,402	-432,274	0,018	0,035
BASECERRO-RSCL	152419,906	36396,352	-1826,137	0,026	0,054
BASECERRO-SMAR	-23131,119	136286,829	-1557,836	0,026	0,049
BASECERRO2-GCP001	75,991	-200,855	-23,731	0,003	0,012
BASECERRO2-GCP004	-9,924	-252,506	-25,155	0,001	0,005
BASECERRO2-GCP005	-58,322	-154,621	-18,528	0,001	0,004
BASECERRO2-GCP006	-87,627	-55,964	-2,962	0,002	0,006
BASECERRO2-RSAL	-30295,110	-62227,393	-432,239	0,014	0,037
BASECERRO2-RSCL	152419,917	36396,378	-1826,086	0,021	0,056
BASECERRO2-SMAR	-23131,119	136286,837	-1557,854	0,020	0,052
BASECERRO3-RSAL	-30295,132	-62227,387	-432,277	0,018	0,035
BASECERRO3-RSCL	152419,900	36396,378	-1826,124	0,028	0,052
BASECERRO3-SED001	97,617	-111,859	-17,138	0,151	0,277
BASECERRO3-SED002	85,270	-126,997	-18,146	0,024	0,047
BASECERRO3-SED003	66,855	-132,549	-18,334	0,044	0,081
BASECERRO3-SED004	71,844	-110,082	-15,881	0,001	0,002
BASECERRO3-SED006	59,822	-100,579	-15,064	0,001	0,003
BASECERRO3-SED007	45,315	-59,865	-9,596	2,373	1,484
BASECERRO3-SED008	38,111	-33,386	-10,241	0,003	0,008
BASECERRO3-SED009	29,314	-6,138	-3,894	0,003	0,007
BASECERRO3-SED0010	19,172	18,375	0,887	0,005	0,009
BASECERRO3-SED0011	6,799	-10,421	-3,287	0,003	0,008
BASECERRO3-SMAR	-23131,139	136286,842	-1557,910	0,026	0,049
BASECERRO3-V001	-31,656	-358,928	-27,996	0,001	0,002
BASECERRO3-V002	-148,804	-387,848	-29,634	0,001	0,003
BASECERRO3-V003	-304,844	-423,677	-31,556	0,004	0,007

BASECERRO3-V004	-414,423	-578,544	-36,108	0,002	0,004
BASECERRO3-V005	-335,819	-635,630	-36,335	0,002	0,003
BASECERRO3-V006	-276,906	-548,190	-32,633	0,001	0,002
BASECERRO3-V007	-226,972	-503,219	-31,033	0,001	0,002
BASECERRO3-V008	-150,976	-475,444	-29,854	0,002	0,003
BASECERRO3-V009	-48,778	-432,477	-28,454	0,003	0,005

Control Points

Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
RSAL	29°47'22,00360"S	55°46'07,82300"W	117,207	
RSCL	28°08'30,76930"S	54°45'17,13340"W	280,904	
SMAR	29°43'08,12600"S	53°42'59,73530"W	113,112	

Adjusted Points

Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
BASECERRO	29°31'03,70650"S	55°07'30,92549"W	173,916	BASE
BASECERRO2	29°31'03,70671"S	55°07'30,92596"W	173,861	BASE
BASECERRO3	29°31'03,70603"S	55°07'30,92611"W	173,904	BASE
GCP001	29°31'01,23868"S	55°07'38,38405"W	150,134	BASE
GCP002	29°31'00,50847"S	55°07'34,62379"W	157,209	AREAL
GCP004	29°31'04,02892"S	55°07'40,30200"W	148,711	GCP
GCP005	29°31'05,60082"S	55°07'36,66736"W	155,335	GCP
GCP006	29°31'06,55257"S	55°07'33,00402"W	170,900	GCP
RAV001	29°31'02,16710"S	55°07'35,52665"W	156,614	RAVINA
RAV002	29°31'00,72880"S	55°07'36,37453"W	153,632	RAVINA
RAV003	29°31'01,27802"S	55°07'33,31844"W	161,276	RAVINA
RAV004	29°31'02,69290"S	55°07'33,42564"W	163,293	RAVINA
RAV005	29°31'01,75641"S	55°07'31,61066"W	166,473	RAVINA
RAV006	29°31'03,19502"S	55°07'31,63101"W	169,121	RAVINA
RAV007	29°31'03,47059"S	55°07'30,30109"W	176,229	RAVINA
SED001	29°31'00,53570"S	55°07'35,07960"W	156,767	SEDIMENTOS
SED002	29°31'00,93668"S	55°07'35,64170"W	155,759	SEDIMENTOS
SED003	29°31'01,53476"S	55°07'35,84786"W	155,572	SEDIMENTOS
SED004	29°31'01,37273"S	55°07'35,01363"W	158,024	SEDIMENTOS
SED006	29°31'01,76317"S	55°07'34,66078"W	158,841	SEDIMENTOS
SED007	29°31'02,23433"S	55°07'33,14899"W	164,308	SEDIMENTOS
SED008	29°31'02,46831"S	55°07'32,16577"W	163,663	SEDIMENTOS
SED009	29°31'02,75399"S	55°07'31,15401"W	170,010	SEDIMENTOS
SED0010	29°31'03,08338"S	55°07'30,24382"W	174,791	SEDIMENTOS
SED0011	29°31'03,48521"S	55°07'31,31306"W	170,617	SEDIMENTOS
V001	29°31'04,73394"S	55°07'44,25383"W	145,918	VOCOROCA
V002	29°31'08,53856"S	55°07'45,32784"W	144,284	VOCOROCA
V003	29°31'13,60628"S	55°07'46,65847"W	142,369	VOCOROCA
V004	29°31'17,16488"S	55°07'52,40938"W	137,836	VOCOROCA
V005	29°31'14,61193"S	55°07'54,52899"W	137,610	VOCOROCA
V006	29°31'12,69874"S	55°07'51,28196"W	141,301	VOCOROCA
V007	29°31'11,07708"S	55°07'49,61196"W	142,895	VOCOROCA
V008	29°31'08,60898"S	55°07'48,58048"W	144,069	VOCOROCA
V009	29°31'05,28994"S	55°07'46,98489"W	145,465	VOCOROCA

TRABALHO DE CAMPO 3 – DEZEMBRO/2016

Levantamento topográfico com estação total

Project name: 2016_12_TS.ttp

Surveyor: Éder

Comment:

Linear unit: Meters

Angular unit: DMS

Projection: UTMSouth-Zone_21 : 60W to 54W

TS Observations

#	Point From	Point To	Instrument Height (m)	Reflector Height (m)	Horizontal Circle	Zenith Angle	Slope Distance (m)
1-1	RAV005	RAV003	1,556		0°00'00,0000"		
1-2	RAV005	TS001	1,556	1,500	232°38'32,5000"	82°05'05,0000"	22,072
1-3	RAV005	PT001	1,556	1,500	209°57'00,0000"	81°47'10,0000"	45,235
1-4	RAV005	TS001	1,556	1,500	232°39'07,5000"	83°38'20,0000"	22,023
2-1	TS001	RAV005	1,481		0°00'00,0000"		
3-1	TS001	RAV005	1,481		0°00'00,0000"		
3-2	TS001	PC001	1,481	1,500	327°56'15,0000"	98°11'10,0000"	22,326
3-3	TS001	PC002	1,481	1,500	306°42'50,0000"	97°56'05,0000"	24,600
3-4	TS001	PC003	1,481	1,500	295°41'10,0000"	98°20'40,0000"	24,365
3-5	TS001	PC004	1,481	1,500	292°14'40,0000"	99°08'50,0000"	23,312
3-6	TS001	PC005	1,481	2,500	292°13'20,0000"	100°37'45,0000"	22,324
3-7	TS001	PC006	1,481	2,500	296°47'40,0000"	100°07'30,0000"	21,417
3-8	TS001	PC007	1,481	2,500	299°17'00,0000"	100°07'25,0000"	19,725
3-9	TS001	PC008	1,481	2,000	301°46'50,0000"	98°34'15,0000"	18,245
3-10	TS001	PC009	1,481	2,000	293°21'10,0000"	98°11'55,0000"	20,076
3-11	TS001	PC010	1,481	2,000	315°22'15,0000"	97°37'40,0000"	14,562
3-12	TS001	PC011	1,481	2,000	359°35'40,0000"	95°05'25,0000"	14,049
3-13	TS001	PC012	1,481	2,000	50°46'15,0000"	88°33'40,0000"	15,295
3-14	TS001	PC013	1,481	2,000	110°35'15,0000"	77°51'00,0000"	9,967
3-15	TS001	PC014	1,481	2,000	137°41'25,0000"	76°38'15,0000"	9,051
3-16	TS001	PC015	1,481	2,000	144°40'30,0000"	80°05'55,0000"	8,847
3-17	TS001	PC016	1,481	2,000	157°22'55,0000"	85°29'35,0000"	8,974
3-18	TS001	PC017	1,481	2,000	162°58'35,0000"	90°40'15,0000"	8,440
3-19	TS001	PC018	1,481	2,000	167°19'55,0000"	83°05'35,0000"	9,367
3-20	TS001	PC019	1,481	2,000	187°38'25,0000"	82°50'50,0000"	11,992
3-21	TS001	PC020	1,481	2,000	192°54'25,0000"	82°31'10,0000"	12,923
3-22	TS001	PC021	1,481	2,000	200°09'25,0000"	89°38'10,0000"	15,253
3-23	TS001	PC022	1,481	1,500	215°27'10,0000"	88°38'05,0000"	8,798
3-24	TS001	PC023	1,481	1,500	238°18'55,0000"	95°10'15,0000"	9,038
3-25	TS001	PC024	1,481	1,500	263°52'30,0000"	102°35'20,0000"	10,943
3-26	TS001	PC025	1,481	1,500	276°29'45,0000"	104°31'00,0000"	10,521
3-27	TS001	PC026	1,481	1,500	156°31'10,0000"	81°31'10,0000"	23,961
3-28	TS001	PC027	1,481	1,500	143°34'10,0000"	83°03'20,0000"	17,214
3-29	TS001	PC028	1,481	1,500	149°11'30,0000"	82°01'25,0000"	18,193
3-30	TS001	PC029	1,481	1,500	154°39'35,0000"	84°14'15,0000"	17,570

3-31	TS001	PC030	1,481	1,500	158°39'05,0000"	83°01'00,0000"	20,108
3-32	TS001	PC031	1,481	1,500	161°13'05,0000"	82°23'55,0000"	22,907
3-33	TS001	PC032	1,481	1,500	170°38'40,0000"	85°00'20,0000"	21,473
3-34	TS001	PC033	1,481	1,500	166°12'30,0000"	82°52'55,0000"	29,580
3-35	TS001	PC034	1,481	1,500	171°16'00,0000"	83°49'05,0000"	29,749
3-36	TS001	PC035	1,481	1,500	176°20'25,0000"	80°17'45,0000"	28,553
3-37	TS001	PC036	1,481	1,500	181°31'00,0000"	82°48'20,0000"	33,725
3-38	TS001	PC037	1,481	1,500	186°36'10,0000"	85°19'25,0000"	33,086
3-39	TS001	PC038	1,481	1,500	188°35'45,0000"	86°52'35,0000"	31,542
3-40	TS001	PC039	1,481	1,500	188°24'30,0000"	87°09'40,0000"	26,521
3-41	TS001	PC040	1,481	1,500	188°39'50,0000"	89°15'55,0000"	20,903
3-42	TS001	PC041	1,481	1,500	159°49'10,0000"	85°11'50,0000"	14,609
3-43	TS001	PC042	1,481	1,500	169°14'00,0000"	88°40'05,0000"	13,396
3-44	TS001	PC043	1,481	2,000	185°56'20,0000"	89°42'35,0000"	14,840
3-45	TS001	PC044	1,481	2,000	195°39'15,0000"	90°47'00,0000"	17,175
3-46	TS001	PC044	1,481	2,500	195°32'20,0000"	90°47'00,0000"	17,200
3-47	TS001	PC045	1,481	1,500	200°40'05,0000"	91°46'45,0000"	15,462
3-48	TS001	PC046	1,481	1,500	204°08'20,0000"	96°22'15,0000"	17,812
3-49	TS001	PC047	1,481	1,500	211°12'50,0000"	97°13'35,0000"	16,482
3-50	TS001	ARVORE	1,481	1,700	204°34'30,0000"	96°04'25,0000"	18,928
3-51	TS001	PC048	1,481	2,000	221°23'55,0000"	96°52'35,0000"	17,021
3-52	TS001	PC049	1,481	2,000	235°07'50,0000"	98°04'35,0000"	15,664
3-53	TS001	PC050	1,481	2,000	244°07'30,0000"	99°37'05,0000"	15,608
3-54	TS001	PC051	1,481	2,000	221°00'20,0000"	95°27'10,0000"	13,909
3-55	TS001	PC052	1,481	2,000	227°04'45,0000"	94°33'00,0000"	12,107
3-56	TS001	PC053	1,481	2,000	192°38'00,0000"	83°06'35,0000"	9,424
3-57	TS001	PC054	1,481	2,500	248°23'10,0000"	102°33'20,0000"	16,287
3-58	TS001	PC055	1,481	2,500	263°44'30,0000"	104°44'30,0000"	14,341
3-59	TS001	PC056	1,481	2,500	286°33'20,0000"	105°15'05,0000"	14,881
3-60	TS001	PC057	1,481	2,500	281°12'20,0000"	113°01'30,0000"	9,875
3-61	TS001	PC058	1,481	2,500	255°50'50,0000"	116°42'05,0000"	6,545
3-62	TS001	PC059	1,481	2,500	221°36'10,0000"	113°25'40,0000"	5,284
3-63	TS001	PC060	1,481	2,500	185°38'10,0000"	100°22'25,0000"	5,345
3-64	TS001	PC061	1,481	2,500	162°28'30,0000"	90°39'45,0000"	8,462
3-65	TS001	PC062	1,481	2,500	148°53'25,0000"	84°04'15,0000"	12,210
3-66	TS001	PC063	1,481	2,500	143°43'30,0000"	81°25'40,0000"	17,564
3-67	TS001	PC064	1,481	2,500	140°57'35,0000"	82°21'20,0000"	30,052
3-68	TS001	PC065	1,481	2,500	133°20'50,0000"	80°23'55,0000"	44,799
3-69	TS001	PC066	1,481	2,500	139°42'30,0000"	79°42'00,0000"	43,958
3-70	TS001	PC067	1,481	2,500	205°49'00,0000"	88°17'05,0000"	31,299
3-71	TS001	PC068	1,481	2,500	211°17'15,0000"	89°07'45,0000"	30,626
3-72	TS001	PC069	1,481	2,500	226°42'00,0000"	90°33'45,0000"	22,084
3-73	TS001	PC070	1,481	2,500	246°52'20,0000"	92°10'20,0000"	24,446
3-74	TS001	PC071	1,481	2,500	264°00'45,0000"	96°03'35,0000"	27,235
3-75	TS001	PC072	1,481	2,500	268°58'15,0000"	94°54'50,0000"	29,035
3-76	TS001	PC073	1,481	2,500	276°23'55,0000"	96°24'20,0000"	32,141
3-77	TS001	PC074	1,481	2,500	279°45'05,0000"	96°49'10,0000"	36,681
3-78	TS001	PC075	1,481	2,500	282°01'25,0000"	97°12'30,0000"	40,253

3-79	TS001	PC076	1,481	2,500	286°37'50,000"	98°07'20,000"	44,058
3-80	TS001	PC077	1,481	2,500	290°31'20,000"	96°30'45,000"	46,324
3-81	TS001	PC078	1,481	2,500	289°39'25,000"	98°01'00,000"	41,852
3-82	TS001	PC079	1,481	2,500	292°36'40,000"	96°59'35,000"	39,125
3-83	TS001	PC080	1,481	2,500	300°40'30,000"	96°55'55,000"	37,520
3-84	TS001	PC081	1,481	2,500	294°46'40,000"	97°00'20,000"	28,188
3-85	TS001	PC082	1,481	2,500	304°17'30,000"	97°35'40,000"	28,158
3-86	TS001	PC083	1,481	2,500	289°38'20,000"	100°55'55,000"	29,199
3-87	TS001	PC084	1,481	2,500	287°47'25,000"	98°49'00,000"	38,698
3-88	TS001	PC085	1,481	2,500	283°43'10,000"	97°28'10,000"	38,170
3-89	TS001	PC086	1,481	2,500	281°10'35,000"	96°19'15,000"	34,310
3-90	TS001	PC087	1,481	2,500	283°11'05,000"	100°06'50,000"	30,336
3-91	TS001	PC088	1,481	2,500	287°05'50,000"	100°38'20,000"	26,932
3-92	TS001	PC089	1,481	2,500	287°08'55,000"	103°13'15,000"	23,154
3-93	TS001	PC090	1,481	1,500	287°07'00,000"	103°15'45,000"	23,132
3-94	TS001	PC091	1,481	1,500	287°56'10,000"	98°55'15,000"	38,078
3-95	TS001	PC092	1,481	1,500	286°51'05,000"	97°58'10,000"	45,366
3-96	TS001	PC093	1,481	1,500	289°11'50,000"	97°25'35,000"	50,741
3-97	TS001	PC094	1,481	1,500	291°20'50,000"	96°56'30,000"	56,159
3-98	TS001	PC095	1,481	1,500	294°44'10,000"	96°40'10,000"	61,825
3-99	TS001	PC096	1,481	1,500	299°21'50,000"	96°27'00,000"	68,600
3-100	TS001	PC097	1,481	1,500	302°29'45,000"	96°17'50,000"	74,760
3-101	TS001	PC098	1,481	1,500	306°34'40,000"	96°09'45,000"	81,614
3-102	TS001	PC099	1,481	1,500	306°31'10,000"	96°02'40,000"	91,326
3-103	TS001	PC100	1,481	1,500	309°29'35,000"	96°16'00,000"	84,119
3-104	TS001	PC101	1,481	1,500	313°16'30,000"	96°29'30,000"	85,160
3-105	TS001	PC102	1,481	1,500	308°23'15,000"	96°25'50,000"	79,109
3-106	TS001	PC103	1,481	1,500	314°04'05,000"	96°27'20,000"	87,440
3-107	TS001	PC104	1,481	1,500	316°56'10,000"	96°27'45,000"	91,675
3-108	TS001	PC105	1,481	1,500	319°42'30,000"	96°26'50,000"	97,211
3-109	TS001	PC106	1,481	1,500	316°29'00,000"	96°19'50,000"	99,517
3-110	TS001	PC107	1,481	1,500	314°53'05,000"	96°21'20,000"	104,947
3-111	TS001	PC108	1,481	1,500	311°59'30,000"	96°14'35,000"	112,125
3-112	TS001	PC109	1,481	1,500	309°25'15,000"	96°05'10,000"	118,776
3-113	TS001	PC110	1,481	1,500	304°38'10,000"	96°06'55,000"	122,504
3-114	TS001	PC111	1,481	1,500	300°48'35,000"	96°17'25,000"	123,869
3-115	TS001	PC112	1,481	1,500	300°37'45,000"	96°14'05,000"	115,558
3-116	TS001	PC113	1,481	1,500	300°19'10,000"	96°14'55,000"	106,238
3-117	TS001	PC114	1,481	1,500	299°40'25,000"	96°18'50,000"	95,984
3-118	TS001	PC115	1,481	1,500	299°16'20,000"	96°25'15,000"	84,564
3-119	TS001	PC116	1,481	1,500	298°44'50,000"	96°16'20,000"	78,019
3-120	TS001	PC117	1,481	1,500	298°14'25,000"	96°05'30,000"	72,206
3-121	TS001	PC118	1,481	1,500	306°18'15,000"	96°38'10,000"	60,353
3-122	TS001	PC119	1,481	1,500	313°20'45,000"	96°50'15,000"	56,348
3-123	TS001	PC120	1,481	1,500	319°41'55,000"	97°08'10,000"	53,041
3-124	TS001	PC121	1,481	1,500	318°50'05,000"	97°14'35,000"	41,954
3-125	TS001	PC122	1,481	1,500	319°38'10,000"	98°08'00,000"	27,059

TRABALHO DE CAMPO 4 – MARÇO/2017

Rejustamento da base do cerro

Project name: reajuste base cerro2.ttp

Created by: Eder

Comment:

Linear unit: Meters

Name	GPS Obs Quality				
	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASECERRO-RSAL	-30295,132	-62227,387	-432,277	0,018	0,035
BASECERRO-RSAL	-30295,115	-62227,404	-432,379	0,017	0,037
BASECERRO-RSCL	152419,900	36396,378	-1826,124	0,028	0,052
BASECERRO-RSCL	152419,947	36396,316	-1825,971	0,044	0,054
BASECERRO-SMAR	-23131,127	136286,833	-1557,998	0,026	0,051
BASECERRO-SMAR	-23131,139	136286,842	-1557,910	0,026	0,049
RSAL-RSCL	182153,239	99615,070	-3226,518	0,043	0,058
RSAL-SMAR	6050,699	198530,356	-3094,878	0,030	0,060
RSCL-SMAR	-175201,376	100446,191	-3375,934	0,042	0,055

Repeated Observations

Name	Type	Dev N(m)	Dev E(m)	Dev U(m)
BASECERRO-RSAL(09/09/2016 12:26:09)	GPS PP	0.008	0.009	0.051
BASECERRO-RSAL(11/03/2017 12:44:53)	GPS PP	0.008	0.009	0.051
BASECERRO-RSCL(09/09/2016 12:26:09)	GPS PP	0.023	0.031	0.077
BASECERRO-RSCL(11/03/2017 12:44:53)	GPS PP	0.023	0.031	0.077
BASECERRO-SMAR(11/03/2017 12:44:53)	GPS PP	0.006	0.004	0.044
BASECERRO-SMAR(09/09/2016 12:26:09)	GPS PP	0.006	0.004	0.044

Points				
Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
BASECERRO	29°31'03,70642"S	55°07'30,92612"W	173,910	BASE
RSAL	29°47'22,00360"S	55°46'07,82300"W	117,207	
RSCL	28°08'30,76930"S	54°45'17,13340"W	280,904	
SMAR	29°43'08,12600"S	53°42'59,73530"W	113,112	

Reocupação e rastreo dos pontos de controle e pontos para controle de qualidade

Project Summary

Project name: 2013_03_POA.ttp

Surveyor:

Comment:

Linear unit: Meters

Projection:

Geoid:

Adjustment Summary

Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint

Confidence level: 95 %

Number of adjusted points: 50

Number of plane control points: 1

Number of plane weighted points: 1

Number of used GPS vectors: 50

Number of rejected GPS vectors by plane: 1

A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Number of height control points: 1

Number of height weighted points: 1

A posteriori height UWE: 143,7172 , Bounds: (3,130495E-02 , 2,240536)

Used GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE CERRO-BASE relevo testemunho	-14,405	-134,112	-16,627	0,003	0,005
BASE CERRO-BASERELEVO TESTEMUNHO1	-20,288	-135,793	-16,504	0,004	0,006
BASE CERRO-CLASTOS	-43,109	-117,775	-14,608	0,015	0,018
BASE CERRO-CLASTOS1	-114,172	-131,918	-12,570	0,010	0,015
BASE CERRO-CQ002	-80,997	-216,090	-22,023	0,002	0,003
BASE CERRO-CQ003	-4,440	-162,647	-18,722	0,001	0,002
BASE CERRO-CQ004	33,657	-225,615	-23,214	0,001	0,002
BASE CERRO-CQ005A	-76,136	-276,602	-25,928	0,003	0,004
BASE CERRO-CQ008	-177,139	-123,847	-9,020	0,001	0,001
BASE CERRO-CQ009	-437,489	-175,044	-21,976	0,003	0,004
BASE CERRO-CQ010	-197,241	-202,129	-19,641	0,001	0,002
BASE CERRO-CQ011	-175,021	-266,887	-24,737	0,011	0,016
BASE CERRO-CQ013	-293,693	-209,725	-21,576	0,002	0,002
BASE CERRO-CQ15	-388,993	-229,965	-24,027	0,002	0,003
BASE CERRO-DEMOSEILE	-189,197	-134,872	-10,396	0,004	0,005
BASE CERRO-F011	-322,173	-275,207	-27,050	0,001	0,002
BASE CERRO-FI009	-182,004	-156,732	-14,586	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP001	75,960	-200,798	-23,077	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP002	98,492	-99,542	-16,040	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP003	44,743	19,857	-0,172	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP004	-10,002	-252,532	-24,487	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP005	-58,254	-154,641	-17,851	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP006	-87,568	-55,912	-2,312	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP007	-118,275	-290,874	-26,653	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP008	-151,035	-177,042	-17,107	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP009	-204,859	-325,663	-28,506	0,002	0,002
BASE CERRO-GCP010	-221,901	-227,364	-21,456	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP011	-266,277	-146,128	-13,455	0,002	0,004
BASE CERRO-GCP012A	-291,424	-248,777	-24,268	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP013	-348,143	-314,930	-29,197	0,002	0,003
BASE CERRO-GCP014	-347,541	-175,638	-20,081	0,002	0,003
BASE CERRO-GCP015	-441,363	-252,928	-26,495	0,001	0,002
BASE CERRO-GCP016	-399,719	-125,258	-17,471	0,002	0,003

BASE CERRO–MATACAO	-114,133	-131,991	-12,559	0,010	0,015
BASE CERRO–MATACAO1	-114,151	-131,964	-12,563	0,009	0,015
BASE CERRO–MATACAO2	-144,830	-143,365	-13,452	0,010	0,015
BASE CERRO–QC14	-334,996	-135,462	-15,099	0,002	0,003
BASE CERRO–RAV001	47,338	-123,962	-16,661	0,002	0,003
BASE CERRO–RAV002	91,707	-146,823	-19,631	0,001	0,002
BASE CERRO–RAV003	74,745	-64,387	-11,961	0,002	0,002
BASE CERRO–RAV004	31,264	-67,394	-9,957	0,001	0,002
BASE CERRO–RAV005	60,008	-18,559	-6,776	0,001	0,002
BASE CERRO–RAV006	15,793	-19,048	-4,099	0,002	0,003
BASE CERRO–RAV007	7,208	16,758	2,979	0,001	0,002
BASE CERRO–ROCK01	-24,363	-20,356	-1,230	0,002	0,004
BASE CERRO–TESTE	-0,401	-3,086	0,317	0,005	0,007
BASE CERRO–relevo testemunho1	-14,730	-128,452	-14,278	0,003	0,004
BASE CERRO–relevo testemunho2	-18,526	-126,072	-15,727	0,005	0,006
BASE CERRO–relevo testemunho3	-17,707	-129,072	-14,184	0,004	0,006
BASE CERRO–relevo testemunho3	-11,288	-104,590	-13,012	0,004	0,005

GPS Observation Residuals

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE CERRO–BASE relevo testemunho	-14,405	-134,112	-16,627	0,003	0,005
BASE CERRO–BASerelevo testemunho1	-20,288	-135,793	-16,504	0,004	0,006
BASE CERRO–CLASTOS	-43,109	-117,775	-14,608	0,015	0,018
BASE CERRO–CLASTOS1	-114,172	-131,918	-12,570	0,010	0,015
BASE CERRO–CQ002	-80,997	-216,090	-22,023	0,002	0,003
BASE CERRO–CQ003	-4,440	-162,647	-18,722	0,001	0,002
BASE CERRO–CQ004	33,657	-225,615	-23,214	0,001	0,002
BASE CERRO–CQ005A	-76,136	-276,602	-25,928	0,003	0,004
BASE CERRO–CQ008	-177,139	-123,847	-9,020	0,001	0,001
BASE CERRO–CQ009	-437,489	-175,044	-21,976	0,003	0,004
BASE CERRO–CQ010	-197,241	-202,129	-19,641	0,001	0,002
BASE CERRO–CQ011	-175,021	-266,887	-24,737	0,011	0,016
BASE CERRO–CQ013	-293,693	-209,725	-21,576	0,002	0,002
BASE CERRO–CQ15	-388,993	-229,965	-24,027	0,002	0,003
BASE CERRO–DEMOSEILE	-189,197	-134,872	-10,396	0,004	0,005
BASE CERRO–F011	-322,173	-275,207	-27,050	0,001	0,002
BASE CERRO–FI009	-182,004	-156,732	-14,586	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP001	75,960	-200,798	-23,077	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP002	98,492	-99,542	-16,040	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP003	44,743	19,857	-0,172	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP004	-10,002	-252,532	-24,487	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP005	-58,254	-154,641	-17,851	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP006	-87,568	-55,912	-2,312	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP007	-118,275	-290,874	-26,653	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP008	-151,035	-177,042	-17,107	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP009	-204,859	-325,663	-28,506	0,002	0,002
BASE CERRO–GCP010	-221,901	-227,364	-21,456	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP011	-266,277	-146,128	-13,455	0,002	0,004
BASE CERRO–GCP012A	-291,424	-248,777	-24,268	0,001	0,002

BASE CERRO–GCP013	-348,143	-314,930	-29,197	0,002	0,003
BASE CERRO–GCP014	-347,541	-175,638	-20,081	0,002	0,003
BASE CERRO–GCP015	-441,363	-252,928	-26,495	0,001	0,002
BASE CERRO–GCP016	-399,719	-125,258	-17,471	0,002	0,003
BASE CERRO–MATACAO	-114,133	-131,991	-12,559	0,010	0,015
BASE CERRO–MATACAO1	-114,151	-131,964	-12,563	0,009	0,015
BASE CERRO–MATACAO2	-144,830	-143,365	-13,452	0,010	0,015
BASE CERRO–QC14	-334,996	-135,462	-15,099	0,002	0,003
BASE CERRO–RAV001	47,338	-123,962	-16,661	0,002	0,003
BASE CERRO–RAV002	91,707	-146,823	-19,631	0,001	0,002
BASE CERRO–RAV003	74,745	-64,387	-11,961	0,002	0,002
BASE CERRO–RAV004	31,264	-67,394	-9,957	0,001	0,002
BASE CERRO–RAV005	60,008	-18,559	-6,776	0,001	0,002
BASE CERRO–RAV006	15,793	-19,048	-4,099	0,002	0,003
BASE CERRO–RAV007	7,208	16,758	2,979	0,001	0,002
BASE CERRO–ROCK01	-24,363	-20,356	-1,230	0,002	0,004
BASE CERRO–TESTE	-0,401	-3,086	0,317	0,005	0,007
BASE CERRO–relevo testemunho1	-14,730	-128,452	-14,278	0,003	0,004
BASE CERRO–relevo testemunho2	-18,526	-126,072	-15,727	0,005	0,006
BASE CERRO–relevo testemunho3	-17,707	-129,072	-14,184	0,004	0,006
BASE CERRO–relevo testemunho3	-11,288	-104,590	-13,012	0,004	0,005

Control Points

Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
BASE CERRO	29°31'03,70642"S	55°07'30,92612"W	173,910	

Adjusted Points

Name	Latitude	Longitude	Ell.Height (m)	Code
BASE relevo testemunho	29°31'04,17421"S	55°07'35,90596"W	156,625	
BASE relevo testemunho1	29°31'04,36528"S	55°07'35,96839"W	156,747	
CLASTOS	29°31'05,10645"S	55°07'35,29936"W	158,644	FI
CLASTOS1	29°31'07,41436"S	55°07'35,82454"W	160,683	FI
CQ002	29°31'06,33692"S	55°07'38,95002"W	151,232	CQ
CQ003	29°31'03,85057"S	55°07'36,96551"W	154,530	
CQ004	29°31'02,61325"S	55°07'39,30362"W	150,041	
CQ005A	29°31'06,17898"S	55°07'41,19694"W	147,329	CQ
CQ008	29°31'09,45936"S	55°07'35,52484"W	164,234	FI
CQ009	29°31'17,91478"S	55°07'37,42608"W	151,292	
CQ010	29°31'10,11220"S	55°07'38,43167"W	153,616	CQ
CQ011	29°31'09,39051"S	55°07'40,83629"W	148,521	CQ
CQ013	29°31'13,24467"S	55°07'38,71380"W	151,685	FI
CQ15	29°31'16,33973"S	55°07'39,46547"W	149,239	
DEMOSEILE	29°31'09,85098"S	55°07'35,93425"W	162,858	FI
F011	29°31'14,16960"S	55°07'41,14538"W	146,214	
FI009	29°31'09,61736"S	55°07'36,74597"W	158,669	FI
GCP001	29°31'01,23940"S	55°07'38,38209"W	150,177	
GCP002	29°31'00,50766"S	55°07'34,62225"W	157,212	
GCP003	29°31'02,25331"S	55°07'30,18879"W	173,079	
GCP004	29°31'04,03118"S	55°07'40,30312"W	148,769	
GCP005	29°31'05,59832"S	55°07'36,66826"W	155,401	

GCP006	29°31'06,55038"S 55°07'33,00224"W	170,940	
GCP007	29°31'07,54755"S 55°07'41,72695"W	146,605	
GCP008	29°31'08,61157"S 55°07'37,50011"W	156,148	
GCP009	29°31'10,35953"S 55°07'43,01882"W	144,756	
GCP010	29°31'10,91305"S 55°07'39,36872"W	151,802	
GCP011	29°31'12,35430"S 55°07'36,35225"W	159,802	
GCP012A	29°31'13,17096"S 55°07'40,16391"W	148,993	
GCP013	29°31'15,01300"S 55°07'42,62044"W	144,071	
GCP014	29°31'14,99354"S 55°07'37,44808"W	153,181	
GCP015	29°31'18,04058"S 55°07'40,31817"W	146,776	
GCP016	29°31'16,68813"S 55°07'35,57735"W	155,793	
MATACAO	29°31'07,41311"S 55°07'35,82724"W	160,694	FI
MATACAO1	29°31'07,41368"S 55°07'35,82623"W	160,690	FI
MATACAO2	29°31'08,41006"S 55°07'36,24961"W	159,801	FI
QC14	29°31'14,58611"S 55°07'35,95622"W	158,162	
RAV001	29°31'02,16901"S 55°07'35,52905"W	156,591	GCP
RAV002	29°31'00,72799"S 55°07'36,37789"W	153,621	GCP
RAV003	29°31'01,27890"S 55°07'33,31692"W	161,290	GCP
RAV004	29°31'02,69106"S 55°07'33,42858"W	163,294	GCP
RAV005	29°31'01,75753"S 55°07'31,61525"W	166,475	GCP
RAV006	29°31'03,19350"S 55°07'31,63342"W	169,151	GCP
RAV007	29°31'03,47233"S 55°07'30,30387"W	176,229	GCP
ROCK01	29°31'04,49767"S 55°07'31,68197"W	172,021	FI
TESTE	29°31'03,71945"S 55°07'31,04073"W	173,568	FI
relevo testemunho1	29°31'04,18479"S 55°07'35,69578"W	158,974	
relevo testemunho2	29°31'04,30808"S 55°07'35,60742"W	157,525	
relevo testemunho3	29°31'04,07300"S 55°07'34,80973"W	159,728	

**APÊNDICE II – Relatórios dos processamentos dos levantamentos
aerofotogramétricos**

Trabalho de campo 1 - 06/2016

Relatório de processamento



Survey Data

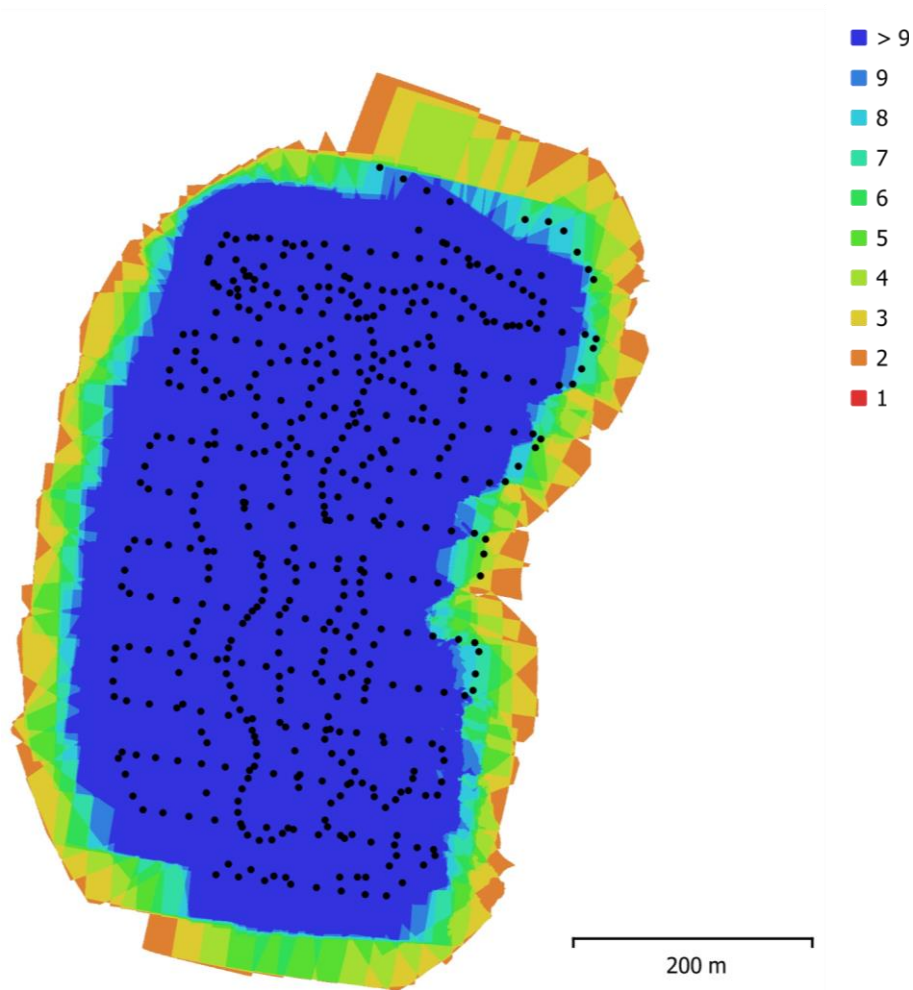


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	514	Camera stations:	498
Flying altitude:	74.2 m	Tie points:	35,759
Ground resolution:	3.01 cm/pix	Projections:	191,308
Coverage area:	0.286 km ²	Reprojection error:	3.65 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC300X (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm	No
FC300X (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

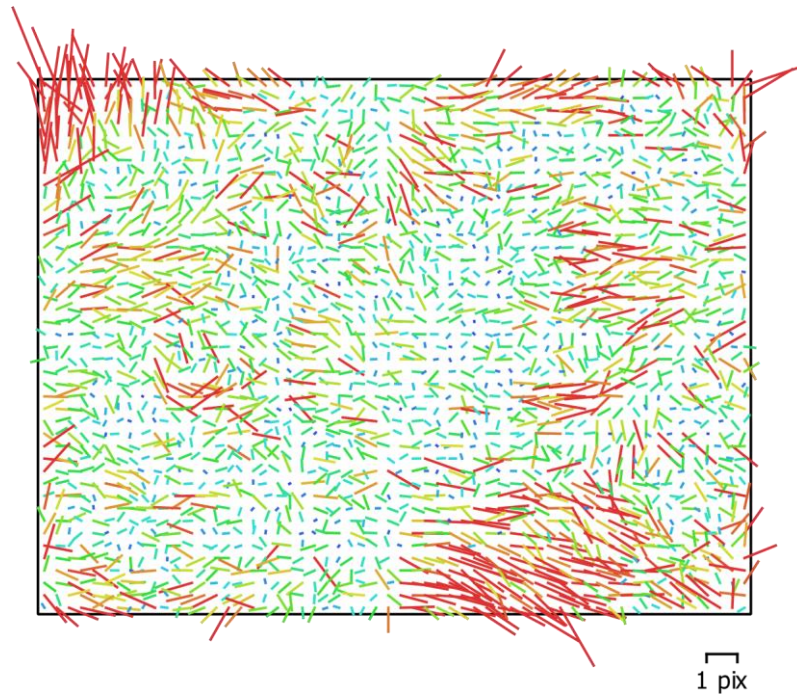


Fig. 2. Image residuals for FC300X (3.61 mm).

FC300X (3.61 mm)

225 images

Type Resolution Focal Length Pixel Size
 Frame 4000 x 3000 3.61 mm 1.56 x 1.56 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	2234.16	1.8	1.00	0.11	0.38	-0.50	0.16	-0.15	0.15	-0.00	-0.01	-0.10
Cx	-2.52174	0.2		1.00	0.02	-0.17	-0.12	-0.02	0.02	-0.01	0.31	0.03
Cy	-26.5149	0.17			1.00	-0.07	0.05	-0.05	0.05	0.01	-0.02	0.20
B1	-7.28927	0.029				1.00	-0.04	0.06	-0.08	0.02	0.04	0.06
B2	0.163815	0.026					1.00	-0.04	0.04	-0.02	-0.07	-0.02
K1	-0.0172988	0.00016						1.00	-0.97	0.91	-0.01	-0.01
K2	0.0183779	0.00031							1.00	-0.97	0.00	0.01
K3	-0.00171198	0.00018								1.00	-0.00	-0.02
P1	-4.60733e-005	1.2e-005									1.00	0.08
P2	-0.000953498	9e-006										1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Calibration

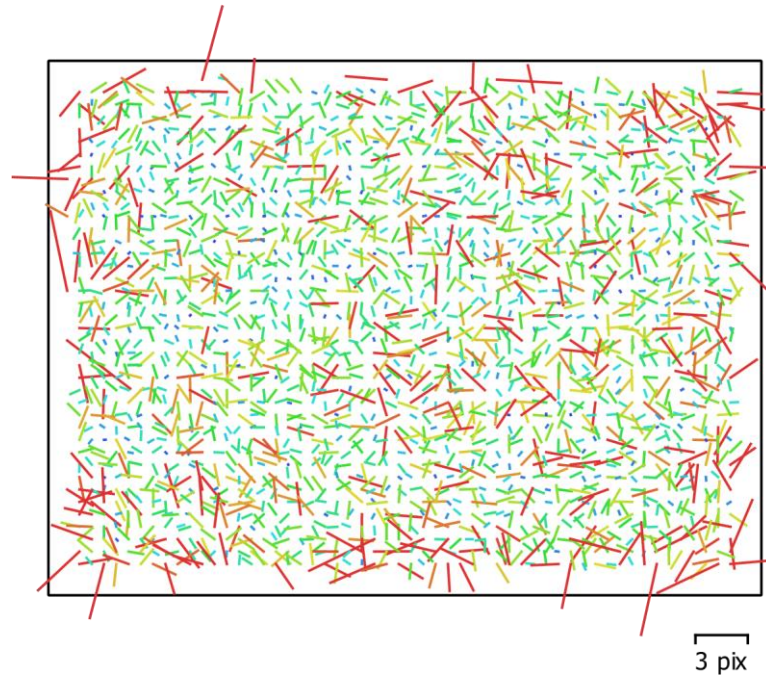


Fig. 3. Image residuals for FC300X (3.61 mm).

FC300X (3.61 mm)

289 images

Type Resolution

Frame 4000 x 3000

Focal Length

3.61 mm

Pixel Size

1.56 x 1.56 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	2294.67	53	1.00	-0.14	0.27	-0.28	0.01	-0.26	0.14	0.20	-0.20	-0.21
Cx	2.1069	3.7		1.00	0.06	0.15	-0.10	0.03	-0.01	-0.04	0.26	0.05
Cy	-10.5151	3.4			1.00	0.03	0.07	-0.06	0.03	0.06	-0.05	0.13
B1	-6.33468	0.36				1.00	0.02	0.11	-0.10	0.00	0.14	0.01
B2	-0.768299	0.36					1.00	0.00	-0.01	0.01	0.07	0.07
K1	-0.0138523	0.0026						1.00	-0.96	0.81	0.06	0.04
K2	0.00807093	0.006							1.00	-0.93	-0.03	-0.02
K3	0.00669878	0.0043								1.00	-0.03	-0.05
P1	-0.00158268	0.00019									1.00	0.02
P2	-0.000666611	0.00018										1.00

Table 3. Calibration coefficients and correlation matrix.

Ground Control Points

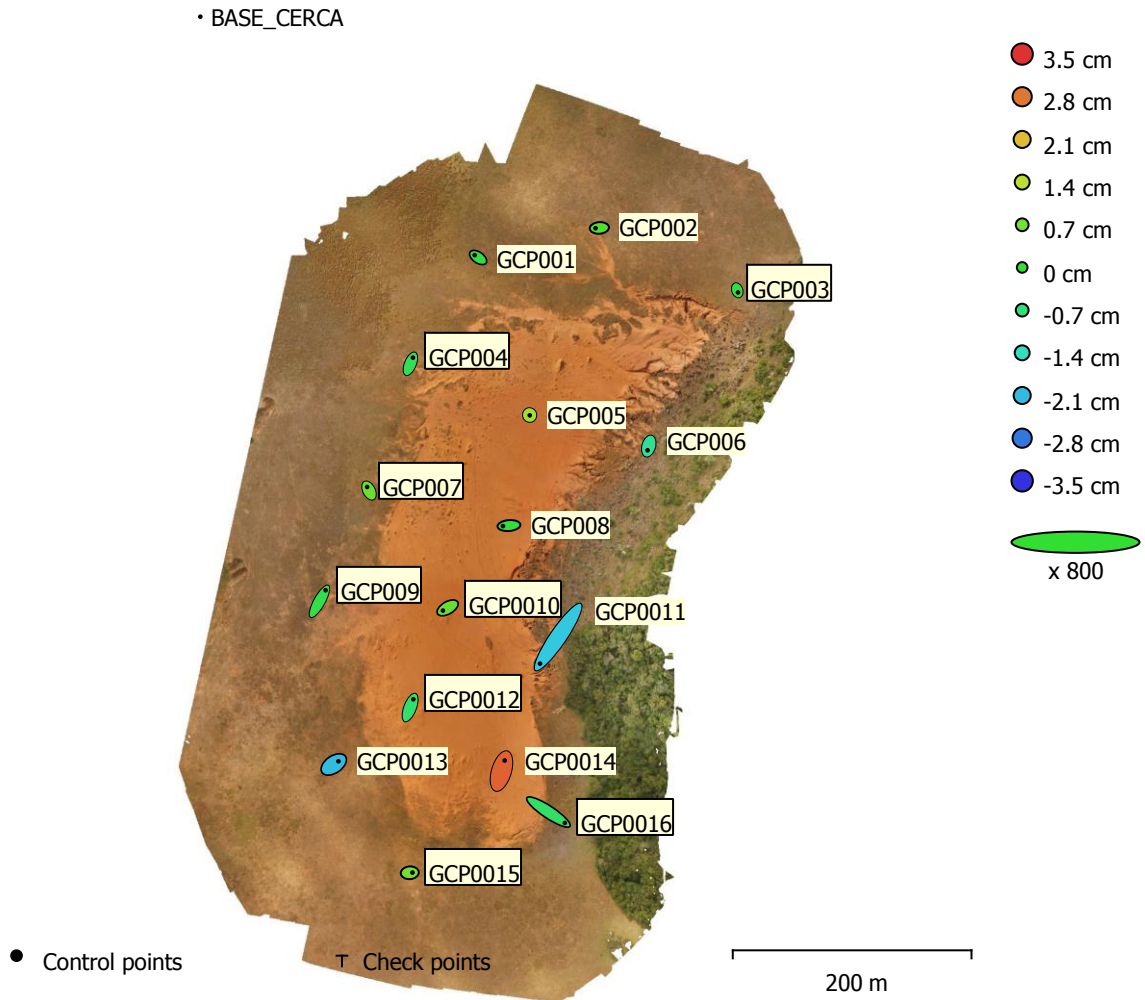


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
16	1.4645	1.83298	1.16614	2.34618	2.62001

Table 4. Control points RMSE.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
BASE_CERCA					
GCP001	-0.727074	0.498262	-0.10934	0.888177	0.119 (24)
GCP0010	-0.991194	-0.576317	0.556411	1.27444	0.139 (29)
GCP0011	-3.79928	-5.5719	-1.9733	7.02671	0.170 (25)
GCP0012	0.66859	1.73338	-0.609965	1.95542	0.150 (37)
GCP0013	0.975275	0.665434	-2.10834	2.41641	0.487 (32)
GCP0014	0.666086	2.21629	3.0163	3.8018	0.657 (42)
GCP0015	0.553849	0.041329	0.675383	0.874413	0.139 (29)
GCP0016	3.43973	-2.2757	-0.514138	4.15631	1.114 (30)

GCP002	-0.802684	-0.0616585	0.305243	0.860974	0.093 (15)
GCP003	0.151736	-0.434434	-0.134909	0.479539	0.130 (10)
GCP004	0.524495	1.28119	-0.371828	1.43345	0.075 (40)
GCP005	0.0212926	-0.0563232	1.14232	1.14391	0.144 (32)
GCP006	-0.249388	-0.884397	-0.985787	1.34764	0.113 (17)
GCP007	-0.388773	0.758295	0.563431	1.02157	0.038 (31)
GCP008	-1.25588	-0.100833	-0.0915212	1.26325	0.080 (28)
GCP009	1.28707	2.32075	-0.234395	2.66409	0.067 (28)
Total	1.4645	1.83298	1.16614	2.62001	0.388

Table 5. Control points. X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

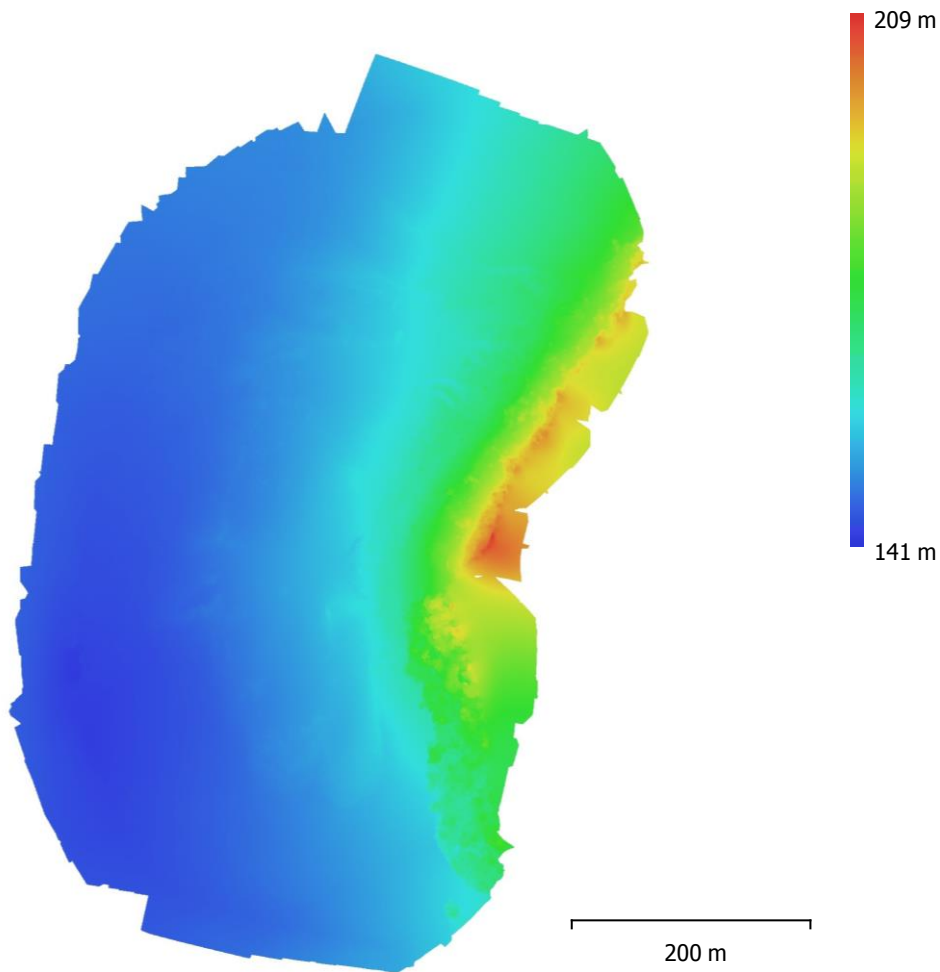


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 6.02 cm/pix
 Point density: 276 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	514
Aligned cameras	498
Markers	17
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

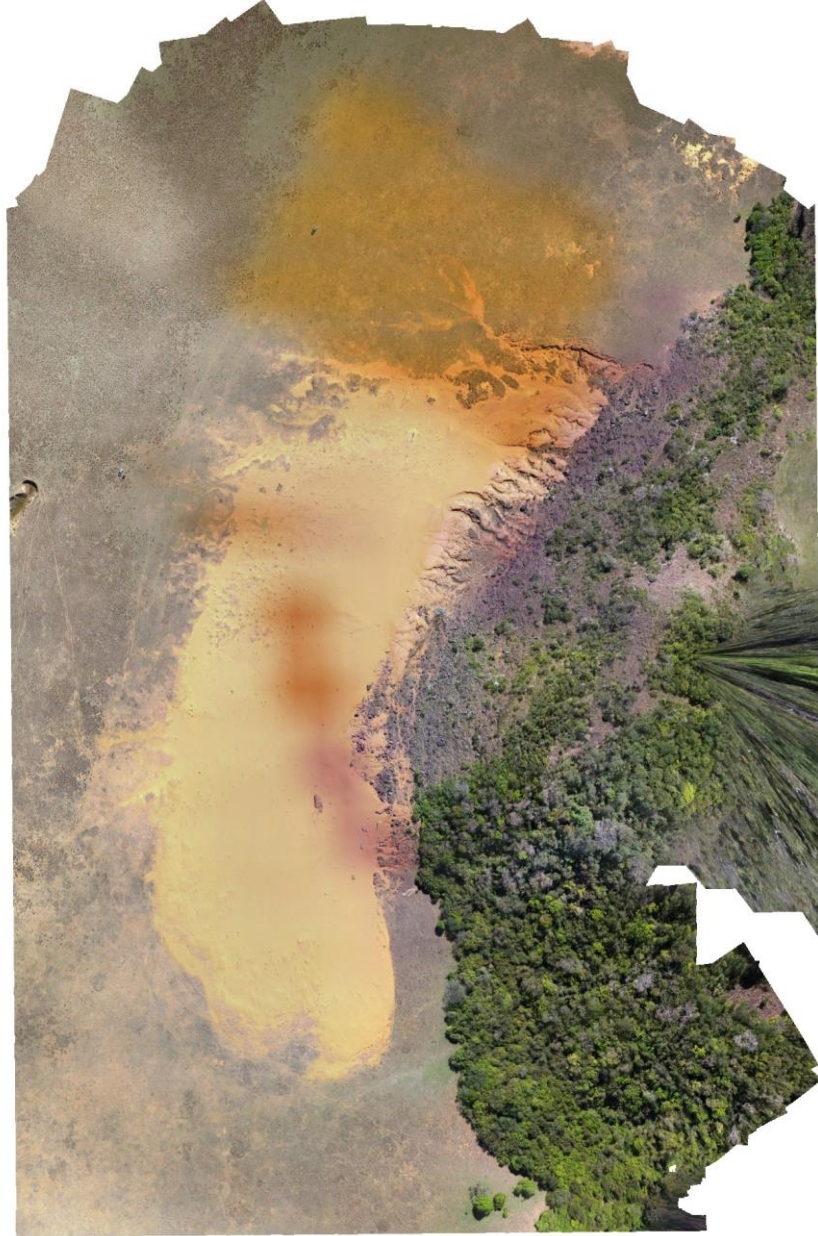
Points	35,759 of 45,569
RMS reprojection error	0.450807 (3.65061 pix)
Max reprojection error	8.88641 (53.4546 pix)
Mean key point size	11.4675 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	6.65821
Optimization parameters	
Parameters	f, b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2

Optimization time	4 seconds
Depth Maps	
Count	445
Reconstruction parameters	
Quality	High
Filtering mode	Aggressive
Processing time	2 hours 13 minutes
Dense Point Cloud	
Points	89,270,963
Point colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Dense cloud generation time	2 hours 24 minutes
Model	
Faces	6,824,492
Vertices	3,416,614
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	8,192 x 8,192, 4 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Surface type	Height field
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Face count	6,876,931
Processing time	6 minutes 33 seconds
Texturing parameters	
Mapping mode	Orthophoto
Blending mode	Mosaic
Texture size	8,192 x 8,192
UV mapping time	2 minutes 20 seconds
Blending time	31 minutes 59 seconds
Tiled Model	
General	
Texture	3 bands, uint8
DEM	
Size	13,955 x 15,668
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 21S (EPSG::32721)
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	5 minutes 30 seconds
Orthomosaic	
Size	17,520 x 25,771
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	Mesh
Enable color correction	No

Enable hole filling
Software

Yes

Trabalho de campo 2 - 09/2016
Relatório de processamento



Survey Data

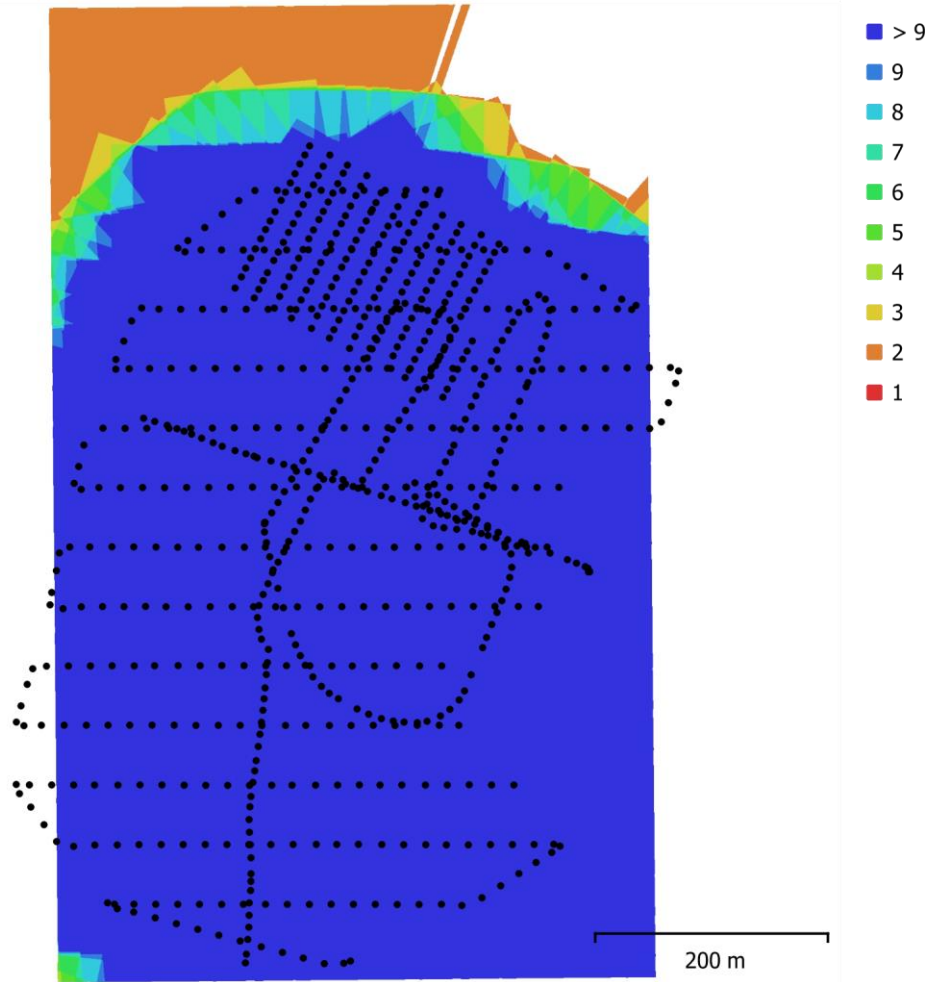


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	802	Camera stations:	759
Flying altitude:	82.2 m	Tie points:	445,420
Ground resolution:	2.99 cm/pix	Projections:	1,837,630
Coverage area:	0.409 km ²	Reprojection error:	1.02 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC300X (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μ m	No
FC300S (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

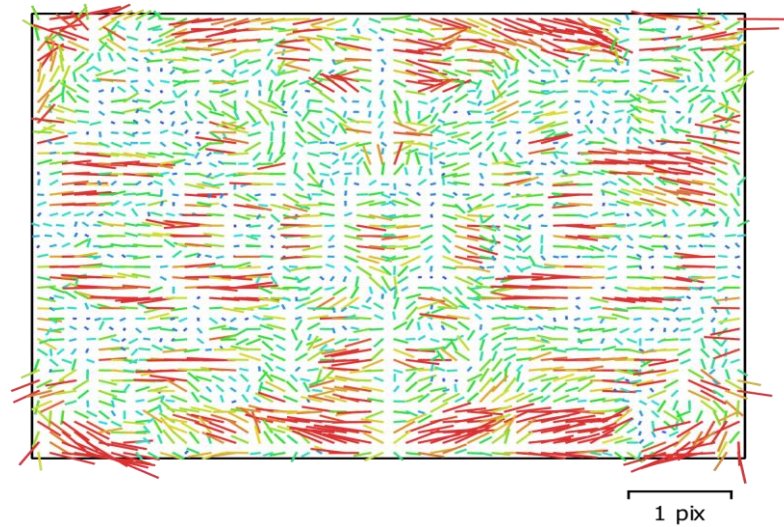


Fig. 2. Image residuals for FC300X (3.61 mm).

FC300X (3.61 mm)

193 images

Type

Frame

Resolution

4000 x 3000

Focal Length

3.61 mm

Pixel Size

1.56 x 1.56 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2	P3	P4
F	2284.43	1.5	1.00	0.27	0.65	0.33	- 0.15	- 0.17	- 0.08	0.40	- 0.52	- 0.10	- 0.26	- 0.12	0.01
Cx	-3.5852	0.094		1.00	0.37	0.08	- 0.18	- 0.04	- 0.03	0.12	- 0.15	- 0.02	- 0.05	- 0.07	- 0.02
Cy	-22.015	0.096			1.00	0.29	- 0.14	- 0.10	- 0.06	0.27	- 0.34	- 0.13	- 0.19	- 0.17	0.05
B1	-8.72942	0.022				1.00	- 0.06	- 0.03	- 0.05	0.15	- 0.19	- 0.04	- 0.08	- 0.06	0.02
B2	-1.18024	0.021					1.00	0.02	0.01	- 0.06	0.08	0.02	0.05	0.02	0.00
K1	-0.0109383	7.9e- 005						1.00	- 0.94	0.77	- 0.65	0.03	0.05	0.05	- 0.04
K2	-0.00938624	0.00025							1.00	- 0.93	0.86	- 0.02	0.00	- 0.03	0.05
K3	0.0375507	0.00036								1.00	- 0.98	- 0.01	- 0.08	0.00	- 0.06
K4	-0.016945	0.00017									1.00	0.02	0.11	0.01	0.07
P1	- 0.000734931	6.1e- 006										1.00	0.38	0.55	- 0.53
P2	-0.00169497	6.8e- 006											1.00	0.66	- 0.64
P3	-0.425582	0.0076												1.00	- 0.97
P4	0.00213535	0.0064													1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Calibration

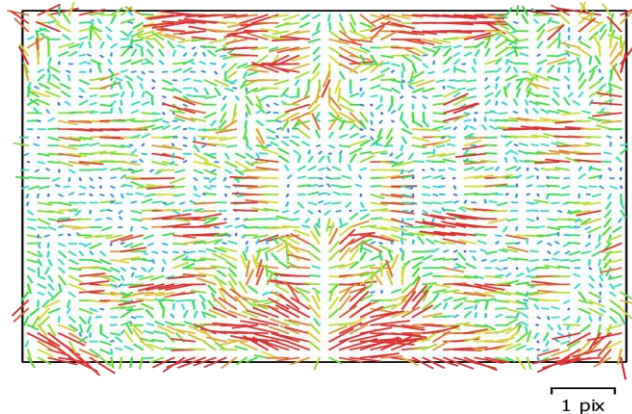


Fig. 3. Image residuals for FC300S (3.61 mm).

FC300S (3.61 mm)
609 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size													
Frame	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm													
	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2	P3	P4	
F	2332.82	0.036	1.00	-0.07	-0.28	-0.20	0.06	-0.28	0.25	-0.22	0.19	-0.01	0.03	0.01	-0.01	
Cx	9.42154	0.021		1.00	-0.04	0.13	-0.06	-0.01	0.00	-0.01	0.01	0.56	-0.00	-0.03	0.06	
Cy	-22.831	0.023			1.00	0.04	0.11	-0.02	0.02	-0.02	0.02	-0.06	0.31	0.05	-0.08	
B1	-7.87224	0.006				1.00	0.03	0.02	-0.02	0.01	-0.00	0.04	0.02	-0.00	0.00	
B2	0.374882	0.0063					1.00	0.00	-0.00	0.01	-0.01	-0.03	0.00	-0.02	0.01	
K1	-0.000304625	5.6e-005						1.00	-0.97	0.93	-0.88	-0.04	0.01	0.05	-0.05	
K2	-0.0279738	0.0002							1.00	-0.99	0.96	0.04	-0.03	-0.06	0.07	
K3	0.0542621	0.00027								1.00	-0.99	-0.04	0.04	0.08	-0.09	
K4	-0.0231804	0.00013									1.00	0.05	-0.05	-0.10	0.11	
P1	0.000714432	3.9e-006										1.00	-0.29	-0.40	0.41	
P2	-0.0017505	4.6e-006											1.00	0.74	-0.71	
P3	-0.646028	0.0048												1.00	-0.98	
P4	0.141012	0.0046													1.00	

Table 3. Calibration coefficients and correlation matrix.

Ground Control Points

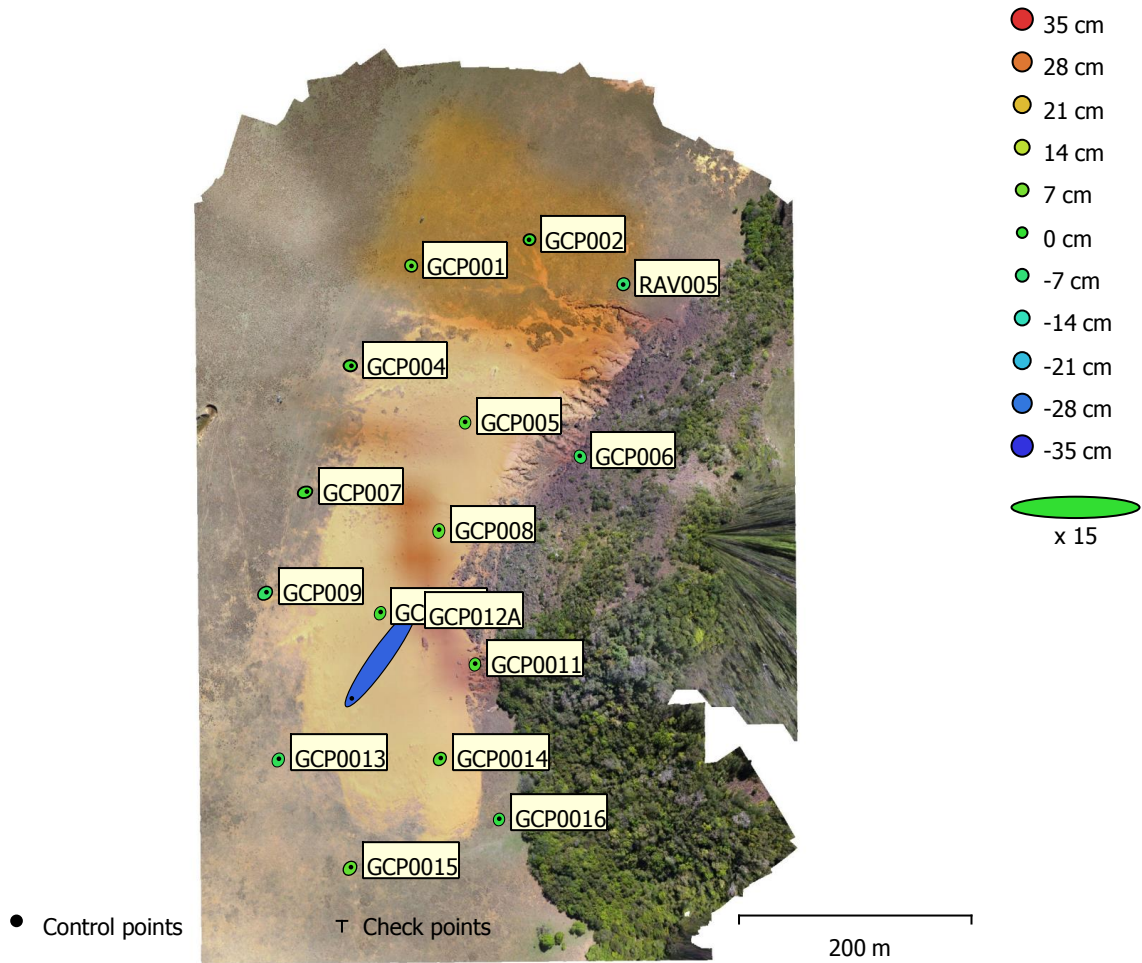


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total (m)
16	0.836004	1.17214	0.0826985	1.43973	1.4421

Table 4. Control points RMSE.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Total (m)	Image (pix)
GCP001	0.035164	-0.0279963	0.0452743	0.063797	0.317 (39)
GCP0010	0.0614809	0.141529	0.0163572	0.155171	0.325 (37)
GCP0011	0.0273724	0.0988924	0.0285371	0.106505	0.588 (48)
GCP0013	0.0746219	0.139079	-0.0375059	0.162229	0.230 (32)
GCP0014	0.100965	0.111457	0.0306366	0.153477	0.461 (37)
GCP0015	0.114738	0.131099	0.0495097	0.181116	0.386 (23)
GCP0016	0.0254256	0.0867615	-0.0181123	0.0922067	0.387 (36)
GCP002	-0.0557578	-0.0125804	0.0105789	0.0581302	0.359 (21)
GCP004	0.129439	-0.00658299	0.0155218	0.130532	0.400 (33)
GCP005	0.00316823	0.0795546	0.0289107	0.0847042	0.423 (33)

GCP006	-0.0569611	0.0963154	-0.0395971	0.118698	0.450 (102)
GCP007	0.212604	0.079781	0.0125809	0.227429	0.249 (36)
GCP008	0.0309164	0.158781	0.0403834	0.166728	0.675 (43)
GCP009	0.157223	0.124002	-0.050207	0.206437	0.210 (27)
GCP012A	-3.3245	-4.67245	-0.301357	5.74238	0.452 (26)
RAV005	-0.0287636	-0.0312766	-0.0573245	0.071356	0.389 (42)
Total	0.836004	1.17214	0.0826985	1.4421	0.427

Table 5. Control points. X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

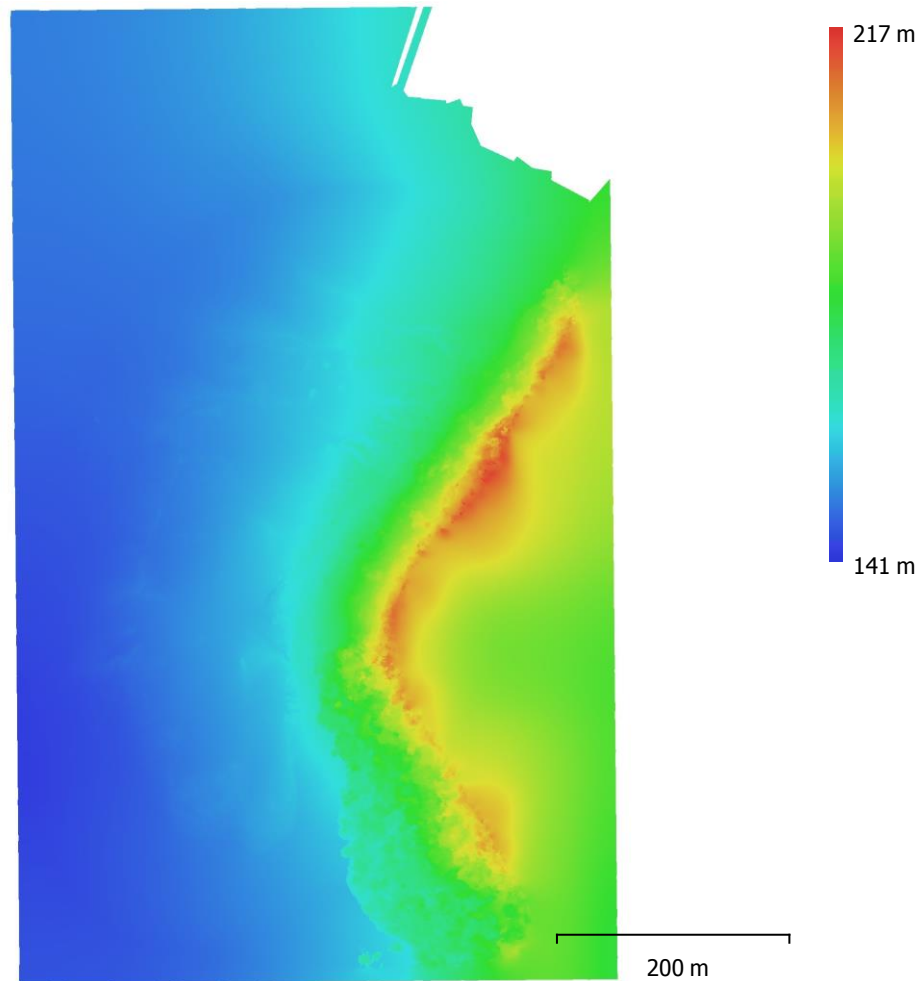


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 5.99 cm/pix
 Point density: 279 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	802
Aligned cameras	759
Markers	42
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll
Point Cloud	

Points	445,420 of 582,717
RMS reprojection error	0.25863 (1.01664 pix)
Max reprojection error	4.69458 (35.4396 pix)
Mean key point size	3.50598 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	5.45863
Alignment parameters	
Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Filter points by mask	Yes
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	54 minutes 42 seconds
Alignment time	15 minutes 40 seconds
Optimization parameters	
Parameters	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1-p4
Optimization time	23 seconds
Depth Maps	
Count	749
Reconstruction parameters	
Quality	High
Filtering mode	Aggressive
Processing time	9 hours 54 minutes
Dense Point Cloud	
Points	83,764,383
Point colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	9 hours 54 minutes
Dense cloud generation time	9 hours 41 minutes
Model	
Faces	7,817,746
Vertices	3,910,151
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	4,096 x 4,096, 4 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Surface type	Height field
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
General	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Face count	7,828,377
Processing time	7 minutes 45 seconds
Texturing parameters	
Mapping mode	Adaptive orthophoto
Blending mode	Mosaic

Texture size	4,096 x 4,096
Enable color correction	No
Enable hole filling	Yes
UV mapping time	2 minutes 1 seconds
Blending time	13 minutes 58 seconds
DEM	
Size	8,682 x 14,045
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 21S (EPSG::32721)
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	10 minutes 59 seconds
Orthomosaic	
Size	17,332 x 28,090
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 21S (EPSG::32721)
Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	26 minutes 41 seconds
Software	
Version	1.5.0
Platform	Windows 64

Trabalho de campo 3 - 12/2016
Relatório de processamento levantamentos 1, 2 e 3



Survey Data

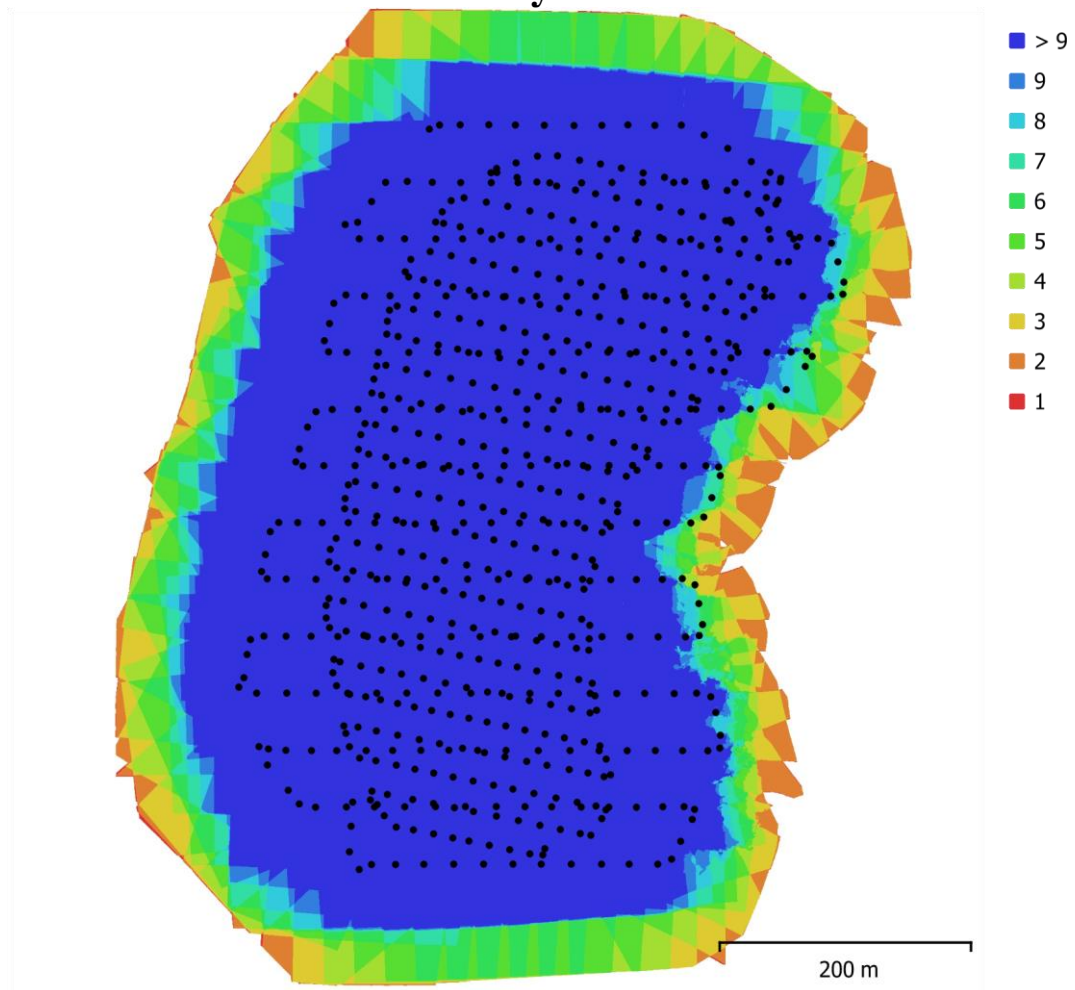


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	674	Camera stations:	674
Flying altitude:	76 m	Tie points:	385,434
Ground resolution:	2.76 cm/pix	Projections:	1,770,232
Coverage area:	0.372 km ²	Reprojection error:	0.83 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC300S (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm	No
FC300S (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

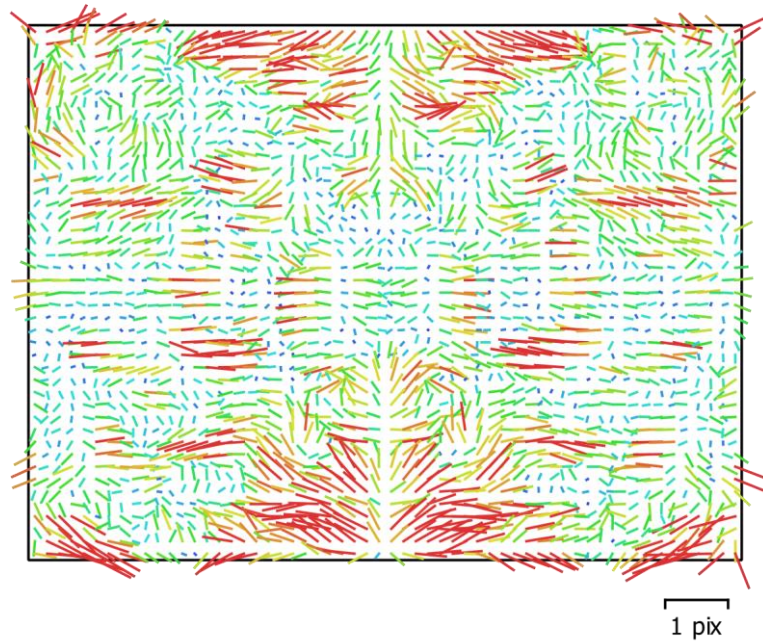


Fig. 2. Image residuals for FC300S (3.61 mm).

FC300S (3.61 mm)

273 images, rolling shutter

	Type	Resolution	Focal Length								Pixel Size				
	Frame	4000 x 3000	3.61 mm								1.56 x 1.56 μm				
	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2	P3	P4
F	236 6.58	1.8	1.00	0.08	0.14	- 0.04	0.02	- 0.03	- 0.45	0.70	- 0.77	0.03	- 0.33	- 0.28	0.13
Cx	10.8 989	0.14		1.00	- 0.01	- 0.00	0.03	- 0.01	- 0.03	0.05	- 0.06	- 0.35	0.01	- 0.01	0.01
Cy	- 11.2 621	0.35			1.00	0.10	0.13	0.05	- 0.10	0.14	- 0.15	- 0.19	- 0.50	- 0.20	- 0.01
B1	6.89 215	0.23				1.00	0.01	0.01	- 0.03	0.04	- 0.05	- 0.03	0.04	0.00	- 0.03
B2	1.97 56	0.16					1.00	0.01	- 0.01	0.01	- 0.01	- 0.06	- 0.06	- 0.03	0.00
K1	0.00 222 479	6.3e - 005						1.00	- 0.86	0.64	- 0.54	- 0.01	- 0.00	0.04	- 0.05
K2	- 0.03 767 25	0.00 025							1.00	- 0.94	0.89	- 0.00	0.15	0.09	- 0.00
K3	0.07 002 17	0.00 045								1.00	- 0.99	0.01	- 0.23	- 0.16	0.04
K4	- 0.03 089 42	0.00 024									1.00	- 0.01	0.25	0.18	- 0.05

B2	-1.00304	0.12					1.00	-	0.01	-	0.01	-	-	0.01	0.01
								0.00		0.01		0.01	0.00		
K1	0.00215404	5.2e-005						1.00	-	0.55	-	0.01	-	-	-
									0.80		0.46		0.05	0.02	0.01
K2	-0.038634	0.00024							1.00	-	0.90	-	0.29	0.23	-
										0.94		0.10			0.04
K3	0.0730913	0.0005								1.00	-	0.13	-	-	0.07
											0.99		0.40	0.32	
K4	-0.0328923	0.00029									1.00	-	0.42	0.34	-
												0.14			0.07
P1	0.000547367	4.8e-006										1.00	-	-	0.28
													0.15	0.26	
P2	-0.00218054	6.3e-006											1.00	0.74	-
															0.55
P3	-0.746798	0.004												1.00	-
															0.92
P4	0.1141	0.0037													1.00

Table 3. Calibration coefficients and correlation matrix.

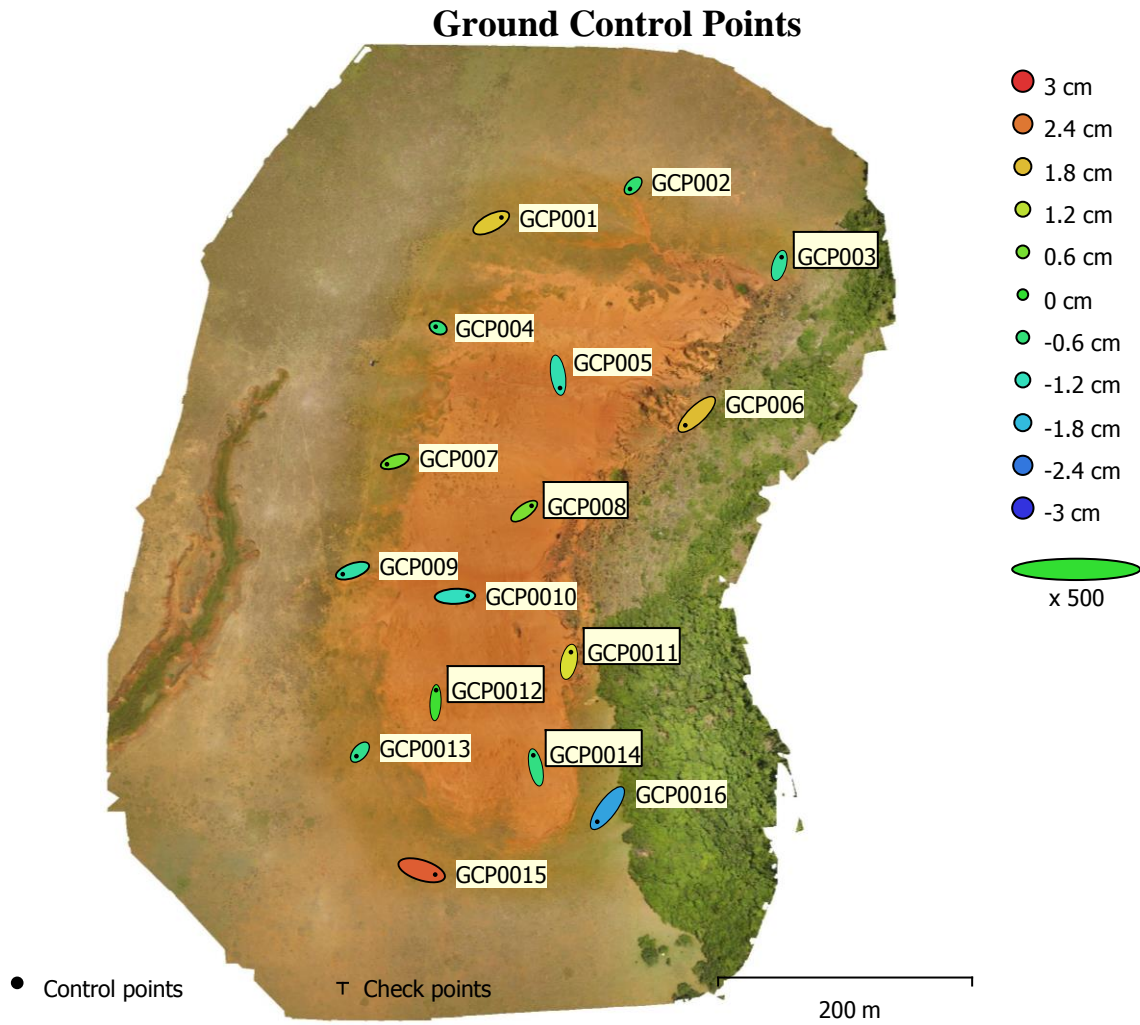


Fig. 4. GCP locations and error estimates.
 Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
16	2.41628	2.55609	1.28201	3.51738	3.74373

Table 4. Control points RMSE.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
GCP001	3.21106	1.66149	1.69752	3.99412	0.200 (34)
GCP0010	4.00492	0.160677	-1.22122	4.19005	0.319 (32)
GCP0011	0.63598	3.0594	1.45638	3.44753	0.245 (31)
GCP0012	0.190724	3.93795	0.106998	3.94402	0.283 (32)
GCP0013	-1.10477	-1.25803	-0.793961	1.85298	0.090 (47)
GCP0014	-0.805006	3.81137	-0.696451	3.95722	0.266 (31)
GCP0015	4.26301	-1.3582	2.62555	5.18763	0.333 (31)
GCP0016	-3.1955	-4.27742	-2.02108	5.70897	0.221 (37)

GCP002	-0.981509	-0.967398	-0.551996	1.48456	0.345 (19)
GCP003	0.746098	2.62053	-0.906275	2.87144	0.101 (23)
GCP004	-0.757303	0.313367	-0.617385	1.0261	0.185 (50)
GCP005	0.615481	-4.04197	-1.10346	4.23485	0.206 (24)
GCP006	-3.59468	-3.41528	1.79761	5.27421	0.157 (21)
GCP007	-2.49226	-0.848016	0.58019	2.69576	0.129 (43)
GCP008	2.31822	1.68511	0.635109	2.93549	0.262 (29)
GCP009	-3.06441	-1.08249	-1.00068	3.40055	0.150 (43)
Total	2.41628	2.55609	1.28201	3.74373	0.223

Table 5. Control points. X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

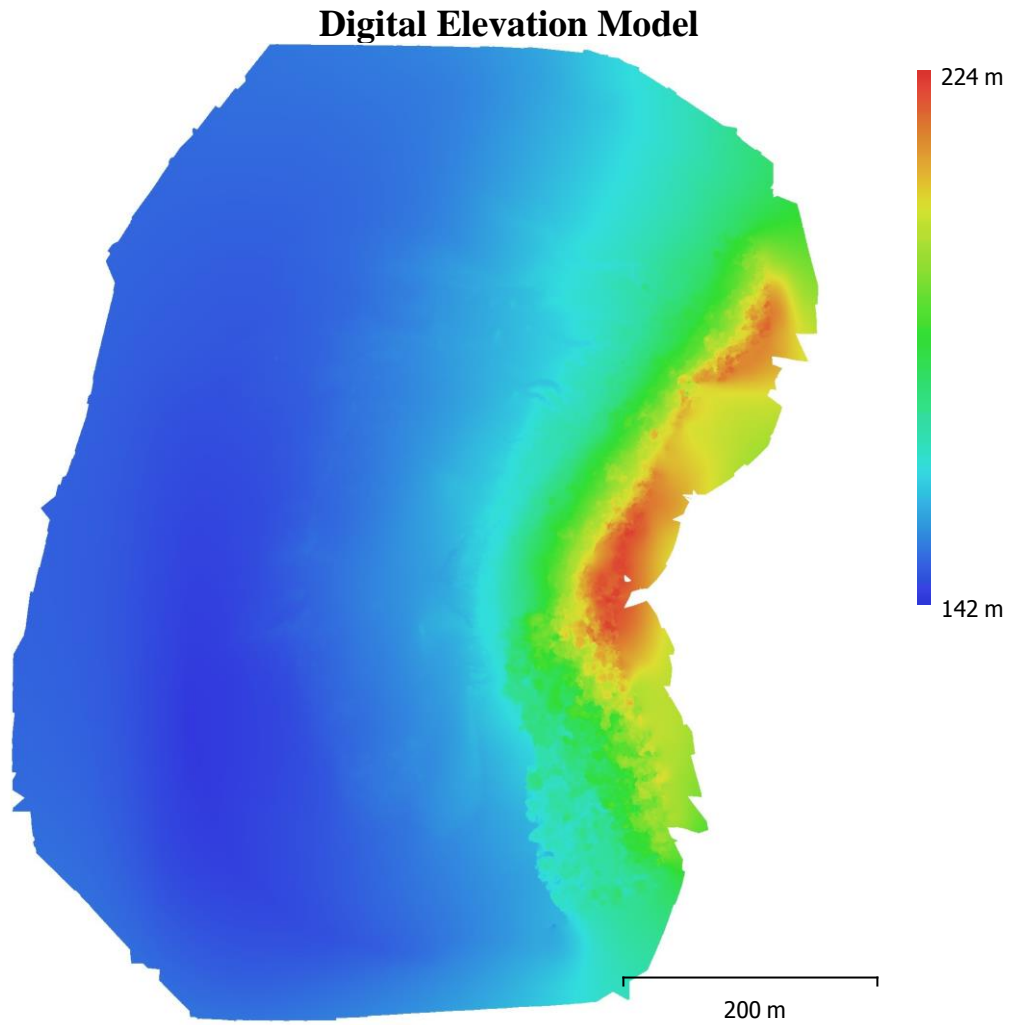


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 5.53 cm/pix
 Point density: 327 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	674
Aligned cameras	674
Markers	168
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	385,434 of 493,960
RMS reprojection error	0.235766 (0.830425 pix)
Max reprojection error	2.03627 (43.0651 pix)
Mean key point size	3.37675 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	5.6899
Alignment parameters	
Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000

Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	48 minutes 43 seconds
Alignment time	18 minutes 14 seconds
Optimization parameters	
Parameters	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1-p4
Fit rolling shutter	Yes
Optimization time	49 seconds
Depth Maps	
Count	674
Reconstruction parameters	
Quality	High
Filtering mode	Aggressive
Processing time	10 hours 13 minutes
Dense Point Cloud	
Points	94,787,554
Point colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	10 hours 13 minutes
Dense cloud generation time	4 hours 2 minutes
Model	
Faces	5,073,172
Vertices	2,541,868
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	8,192 x 8,192, 4 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Surface type	Height field
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
General	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Face count	9,213,994
Processing time	8 minutes 24 seconds
Texturing parameters	
Mapping mode	Orthophoto
Blending mode	Mosaic
Texture size	8,192 x 8,192
Enable color correction	No
Enable hole filling	Yes
UV mapping time	3 minutes 6 seconds
Blending time	14 minutes 31 seconds
DEM	
Size	15,916 x 18,992
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 21S (EPSG::32721)
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled

Processing time	23 minutes 17 seconds
Orthomosaic	
Size	22,966 x 28,119
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	Mesh
Enable color correction	No
Enable hole filling	Yes
Processing time	4 hours 15 minutes
Software	
Version	1.5.0
Platform	Windows 64

Trabalho de campo 3 - 12/2016

Relatório de processamento levantamento 2



Survey Data

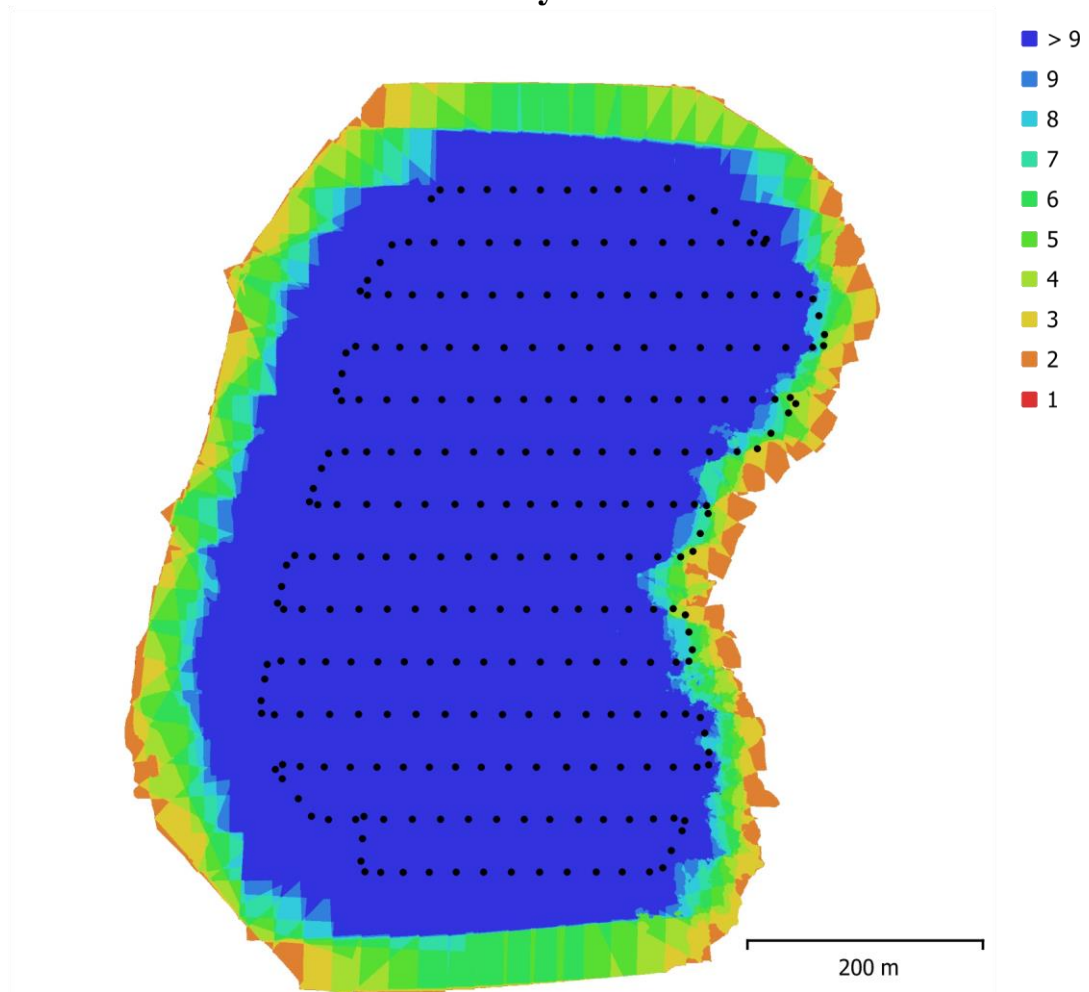


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	273	Camera stations:	273
Flying altitude:	116 m	Tie points:	101,305
Ground resolution:	4.27 cm/pix	Projections:	622,258
Coverage area:	0.369 km ²	Reprojection error:	0.922 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC300S (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

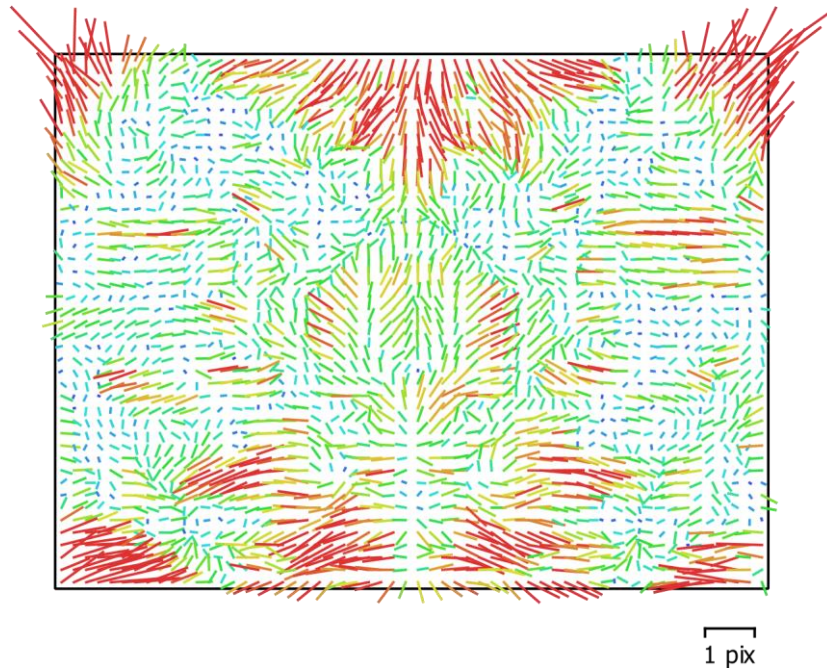


Fig. 2. Image residuals for FC300S (3.61 mm).

FC300S (3.61 mm)

273 images

Type

Resolution

Focal Length

Pixel Size

Frame

4000 x 3000

3.61 mm

1.56 x 1.56 μm

	Value	Error	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	2311.25											
Cx	9.21654	0.045	1.00	- 0.03	- 0.07	- 0.03	- 0.00	- 0.00	0.00	- 0.00	0.36	0.00
Cy	-21.9299	0.038		1.00	0.06	- 0.01	- 0.02	- 0.00	0.00	- 0.00	0.01	0.20
B1	-5.21889	0.015			1.00	- 0.01	0.00	- 0.02	0.02	- 0.01	0.08	0.01
B2	0.418509	0.015				1.00	0.01	0.00	- 0.00	0.00	- 0.03	0.05
K1	- 0.000503329	9.8e- 005					1.00	- 0.77	0.74	- 0.71	0.05	0.23
K2	-0.0304551	0.00025						1.00	- 0.99	0.96	- 0.01	- 0.01
K3	0.0546031	0.00033							1.00	- 0.99	0.01	0.02
K4	-0.0223761	0.00015								1.00	- 0.01	- 0.02
P1	0.000278184	2.8e- 006									1.00	0.05
P2	- 0.000858945	2.1e- 006										1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

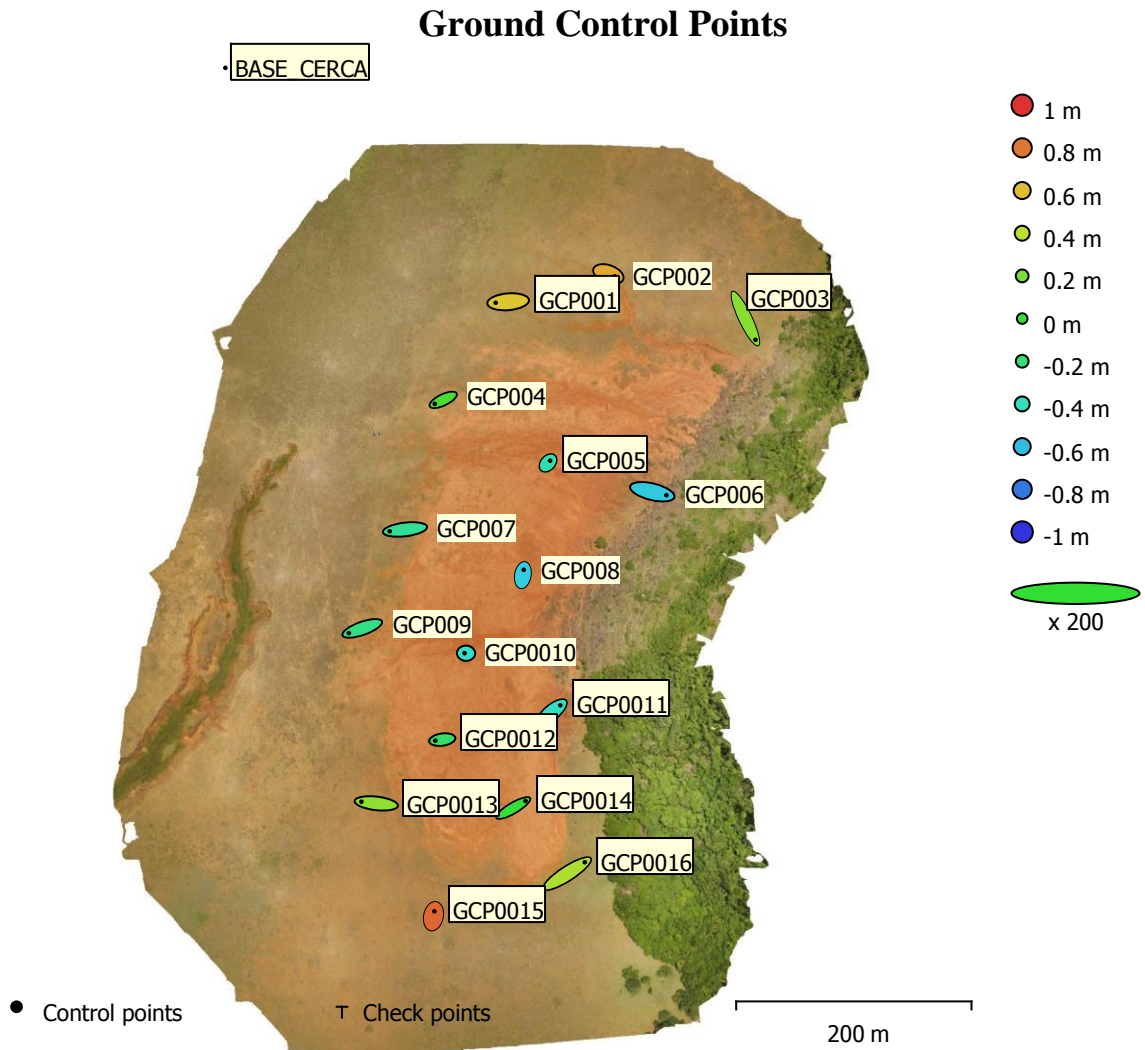


Fig. 3. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape. Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
16	9.01692	6.02438	43.3476	10.8443	44.6835

Table 3. Control points RMSE.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
BASE_CERCA					
GCP001	-10.5993	-0.88109	57.2444	58.2241	0.938 (23)
GCP0010	-1.28355	0.0524389	-42.997	43.0162	0.657 (23)
GCP0011	7.32757	5.98729	-42.1407	43.19	0.770 (22)
GCP0012	-5.96401	-0.829351	-14.9465	16.1138	0.715 (22)
GCP0013	-12.6575	1.43019	27.1333	29.9746	1.034 (30)
GCP0014	10.38	6.09444	-1.38972	12.1169	0.589 (21)
GCP0015	0.833399	4.13668	84.68	84.7851	0.888 (23)
GCP0016	14.9952	9.69536	36.3901	40.5351	1.471 (27)
GCP002	5.5938	-1.99652	65.5666	65.8351	0.873 (16)
GCP003	8.60302	-18.0565	24.3358	31.5005	1.418 (18)
GCP004	-7.12494	-3.41456	5.96359	9.8989	3.182 (35)
GCP005	1.74547	1.89284	-36.2973	36.3885	0.618 (18)
GCP006	11.955	-2.90091	-56.003	57.3383	0.705 (15)
GCP007	-13.0398	-1.55949	-27.8497	30.7909	1.384 (30)
GCP008	0.759897	4.53196	-54.5712	54.7644	0.821 (23)
GCP009	-11.4658	-4.05269	-23.9164	26.8306	2.456 (31)
Total	9.01692	6.02438	43.3476	44.6835	1.499

Table 4. Control points. X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

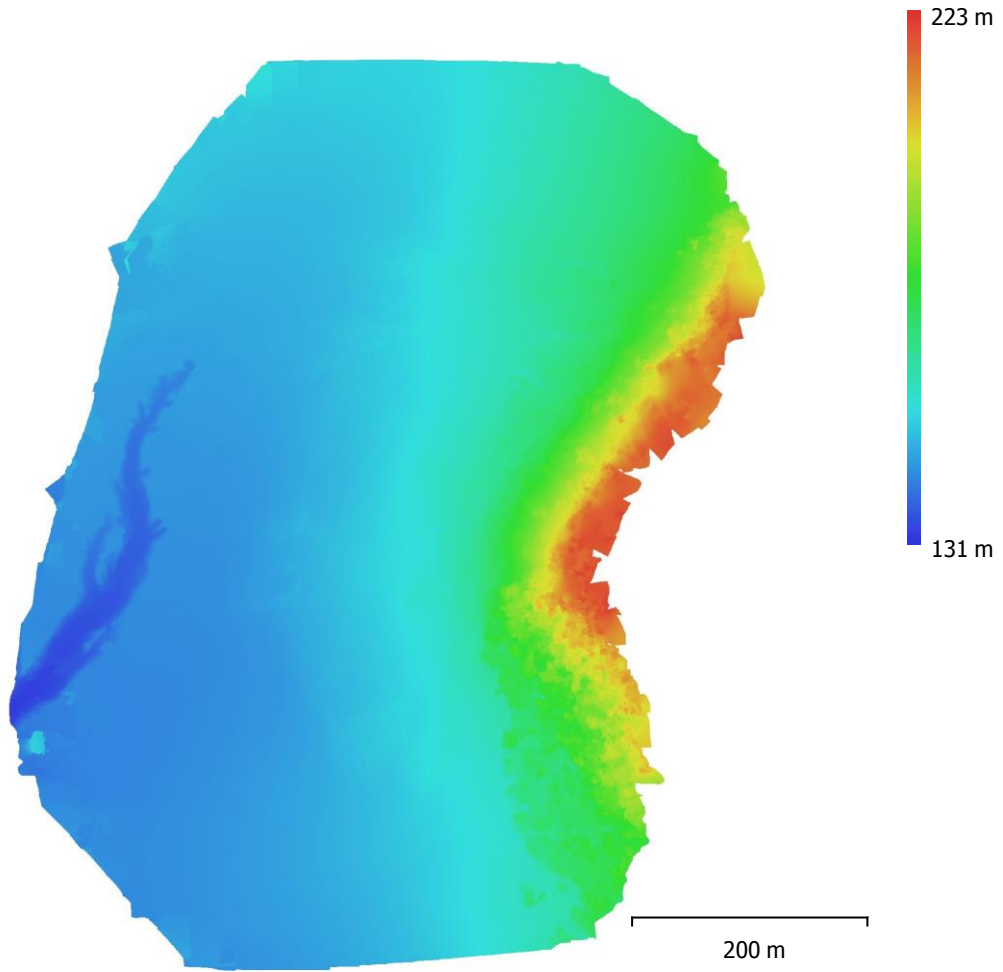


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution:	8.53 cm/pix
Point density:	137 points/m ²
Processing Parameters	
General	
Cameras	273
Aligned cameras	273
Markers	17
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll
Point Cloud	
Points	101,305 of 139,266
RMS reprojection error	0.300388 (0.921956 pix)
Max reprojection error	0.91803 (28.4647 pix)
Mean key point size	3.21192 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	7.8538
Alignment parameters	
Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	26 minutes 23 seconds
Alignment time	6 minutes 8 seconds
Depth Maps	
Count	273
Reconstruction parameters	
Quality	High
Filtering mode	Aggressive
Processing time	2 hours 31 minutes
Dense Point Cloud	
Points	63,911,839
Point colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	2 hours 31 minutes
Dense cloud generation time	56 minutes 54 seconds
Model	
Faces	12,684,840
Vertices	6,347,823
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	4,096 x 4,096, 4 bands,
Reconstruction parameters	uint8
Surface type	Height field
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Face count	12,782,367

Processing time	4 minutes 55 seconds
General	
Texturing parameters	
Mapping mode	Adaptive orthophoto
Blending mode	Mosaic
Texture size	4,096 x 4,096
Enable hole filling	Yes
UV mapping time	3 minutes 2 seconds
Blending time	6 minutes 40 seconds
DEM	
Size	10,049 x 12,223
Coordinate system	WGS 84
Reconstruction parameters	(EPSG::4326)
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	1 minutes 25 seconds
Orthomosaic	
Size	15,055 x 18,141
Coordinate system	WGS 84
Reconstruction parameters	(EPSG::4326)
Colors	3 bands, uint8
Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	4 minutes 19 seconds
Software	
Version	1.5.0
Platform	Windows 64

Trabalho de campo 4 - 12/2016
Relatório de processamento levantamento 1



Survey Data

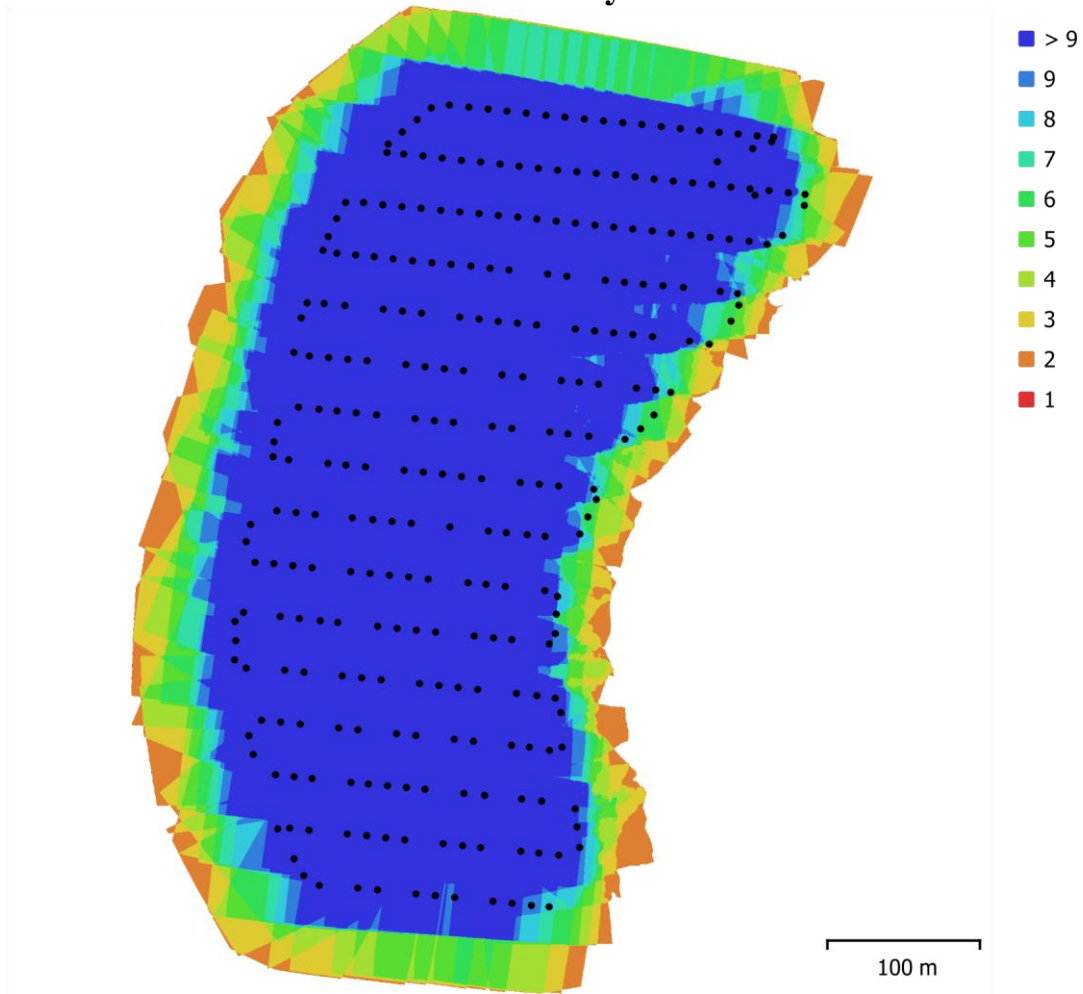


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	284	Camera stations:	284
Flying altitude:	73.3 m	Tie points:	129,362
Ground resolution:	2.76 cm/pix	Projections:	802,707
Coverage area:	0.205 km ²	Reprojection error:	1.13 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC300S (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

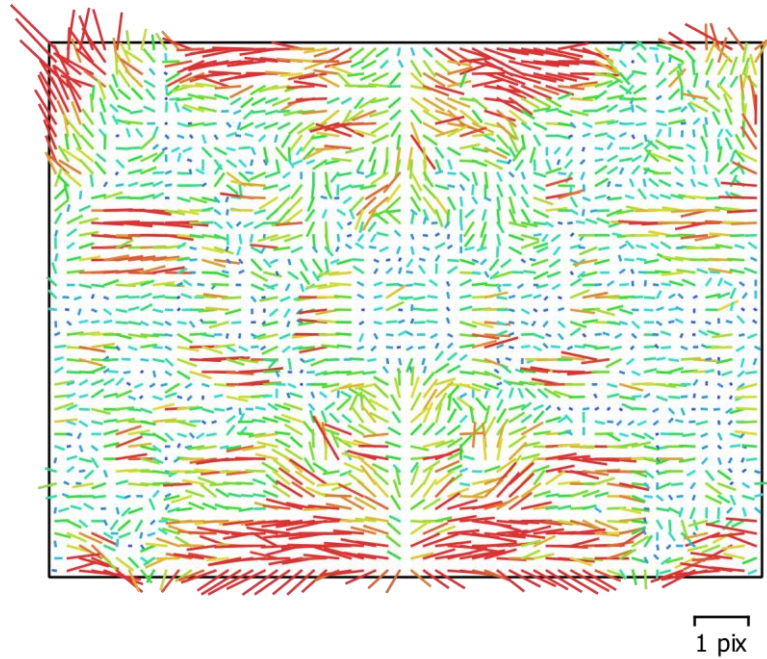


Fig. 2. Image residuals for FC300S (3.61 mm).

FC300S (3.61 mm)
284 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size												
Frame	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm												
	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2	P3	P4
F	2322.01	0.72	1.00	-0.05	0.14	-0.48	0.11	0.01	-0.12	0.24	-0.28	0.04	-0.12	-0.10	0.09
Cx	13.6439	0.049		1.00	0.03	-0.07	-0.07	-0.00	0.01	-0.01	0.02	0.30	-0.04	-0.05	0.08
Cy	-24.0876	0.046			1.00	0.04	-0.08	0.01	-0.02	0.04	-0.04	0.02	0.13	-0.02	0.00
B1	-5.55236	0.012				1.00	-0.07	-0.01	0.06	-0.11	0.13	-0.02	0.08	0.05	-0.05
B2	0.811326	0.01					1.00	0.00	-0.02	0.03	-0.04	0.03	0.01	0.00	-0.01
K1	0.000181765	8.7e-005						1.00	-0.97	0.91	-0.85	0.01	0.01	0.04	-0.05
K2	-0.0295474	0.00031							1.00	-0.98	0.95	0.01	-0.00	-0.03	0.05
K3	0.0550438	0.00043								1.00	-0.99	0.01	-0.01	0.03	-0.05
K4	-0.0231273	0.0002									1.00	0.01	0.01	-0.04	0.06
P1	0.00129228	7e-006										1.00	-0.42	-0.54	0.52
P2	-0.00190876	6.3e-006											1.00	0.71	-0.66
P3	-0.727282	0.0055												1.00	-

																0.98
P4	0.274986	0.005														1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

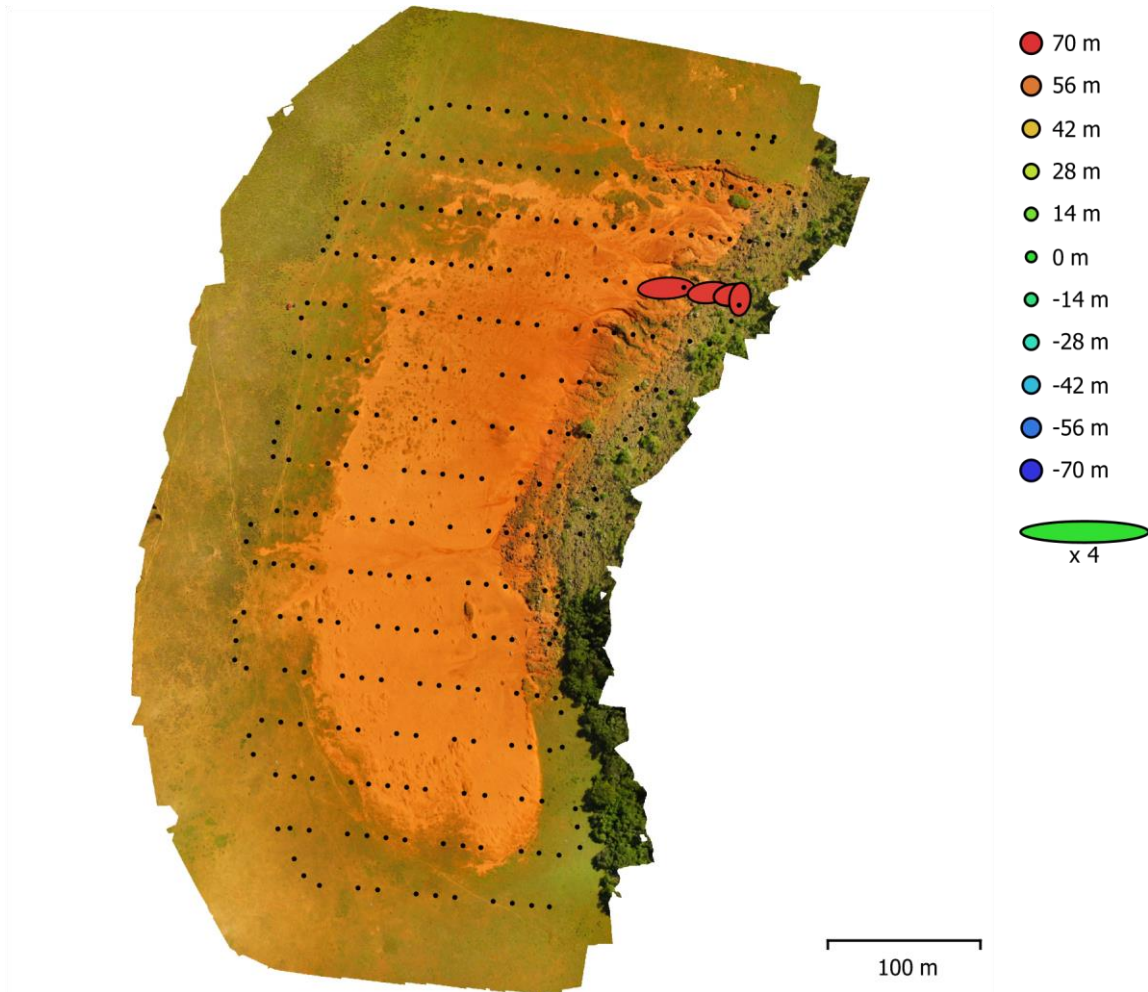


Fig. 3. Camera locations and error estimates.
Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
3.59588	1.02533	68.4891	3.7392	68.5911

Table 3. Average camera location error. X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Ground Control Points

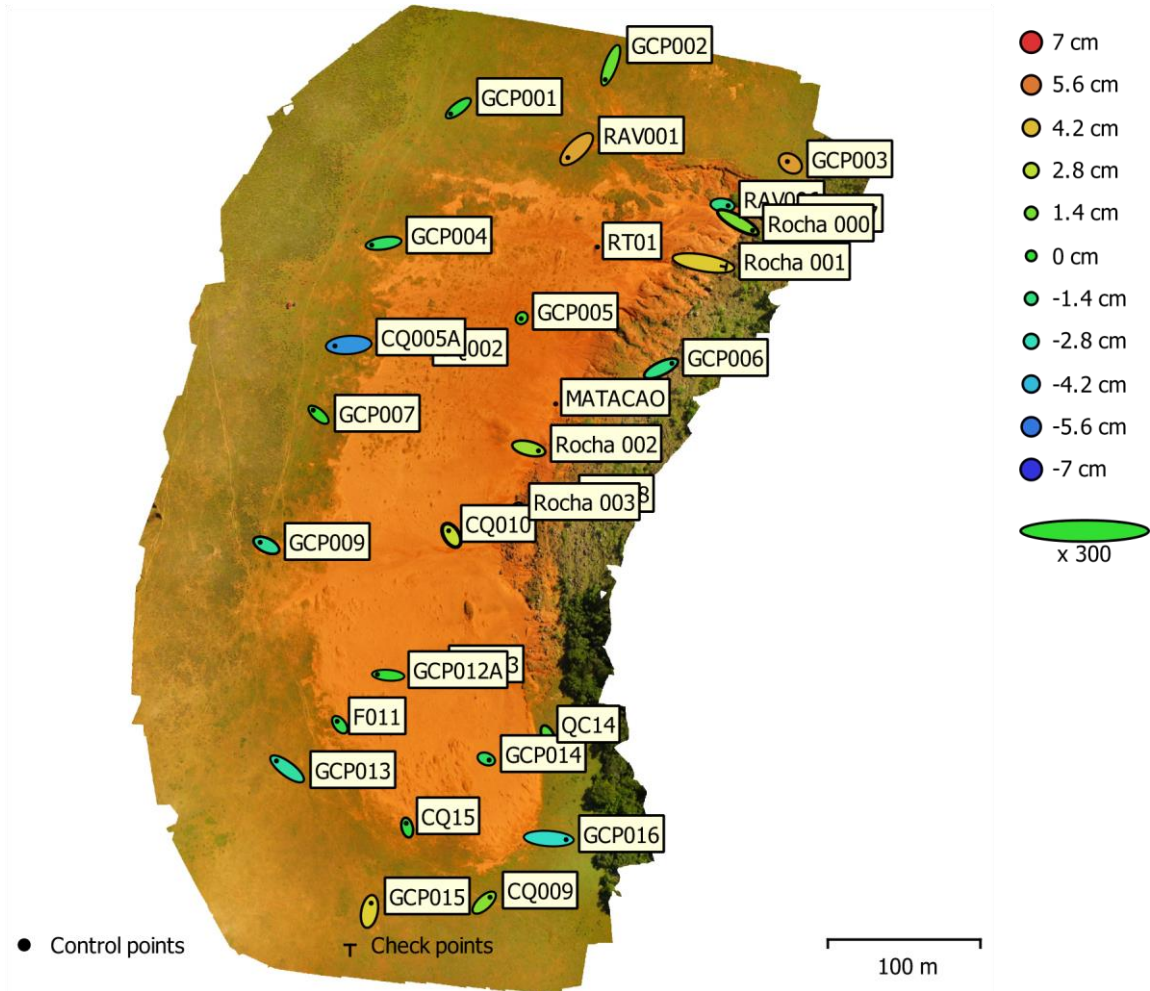


Fig. 4. GCP locations and error estimates.
 Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
27	3.55276	2.33128	2.58032	4.24935	4.97143

Table 4. Control points RMSE. X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
1	9.92495	1.73724	3.87358	10.0758	10.7948

Table 5. Check points RMSE. X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
CQ002					
CQ005A	-6.01653	-0.424729	-4.98037	7.82196	0.502 (19)
CQ008	3.63718	2.79655	-0.328921	4.59978	0.985 (12)
CQ009	2.55919	2.36229	1.74106	3.89373	0.991 (11)

CQ010	-1.23322	2.02871	3.02819	3.84791	0.373 (17)
CQ013	-0.00898206	-1.61572	2.35142	2.85304	0.305 (15)
CQ15	-0.447404	1.87592	-0.373506	1.96437	0.340 (22)
F011	-1.15851	1.48848	-0.59312	1.97725	0.353 (17)
Rocha 003	0.780605	0.818501	0.0195483	1.13122	0.712 (18)
GCP001	-3.3502	-2.51473	-0.300698	4.19978	0.525 (15)
GCP002	-2.38151	-6.27409	1.12769	6.80496	0.391 (6)
GCP003	-1.25656	0.83127	4.8511	5.07968	1.365 (10)
GCP004	-5.20164	-0.771162	-0.992297	5.3513	0.260 (20)
GCP005	-0.2541	-0.262376	0.487172	0.608888	0.547 (15)
GCP006	4.71285	2.25203	-1.65331	5.47869	0.371 (8)
GCP007	-2.33648	1.98827	0.0986838	3.06955	0.555 (17)
GCP009	-2.73276	1.30372	-2.10137	3.68557	0.457 (16)
GCP012A	-4.71233	0.361728	0.0911156	4.72707	0.375 (15)
GCP013	-4.66072	3.5001	-2.2672	6.25405	0.697 (16)
GCP014	1.23223	-0.478828	-0.909294	1.60452	0.801 (16)
GCP015	0.71041	3.62072	3.77103	5.27588	0.426 (11)
GCP016	7.57448	-0.491274	-3.05007	8.18028	0.963 (11)
MATACAO					
Rocha 002	4.20206	-1.00491	2.24347	4.8683	1.091 (17)
RT01					
QC14	1.04907	-2.16864	0.64526	2.49397	1.380 (12)
RAV001	-3.83383	-3.73952	4.68456	7.11529	0.443 (19)
RAV006	2.39604	-0.274683	-1.66643	2.93145	0.739 (12)
RAV007	4.18603	-1.98239	-6.42113	7.9173	3.055 (9)
Rocha 000	6.35371	-3.54943	1.56714	7.44473	3.297 (12)
Total	3.55276	2.33128	2.58032	4.97143	0.995

Table 6. Control points.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
Rocha 001	9.92495	-1.73724	3.87358	10.7948	0.430 (9)
Total	9.92495	1.73724	3.87358	10.7948	0.430

Table 7. Check points.

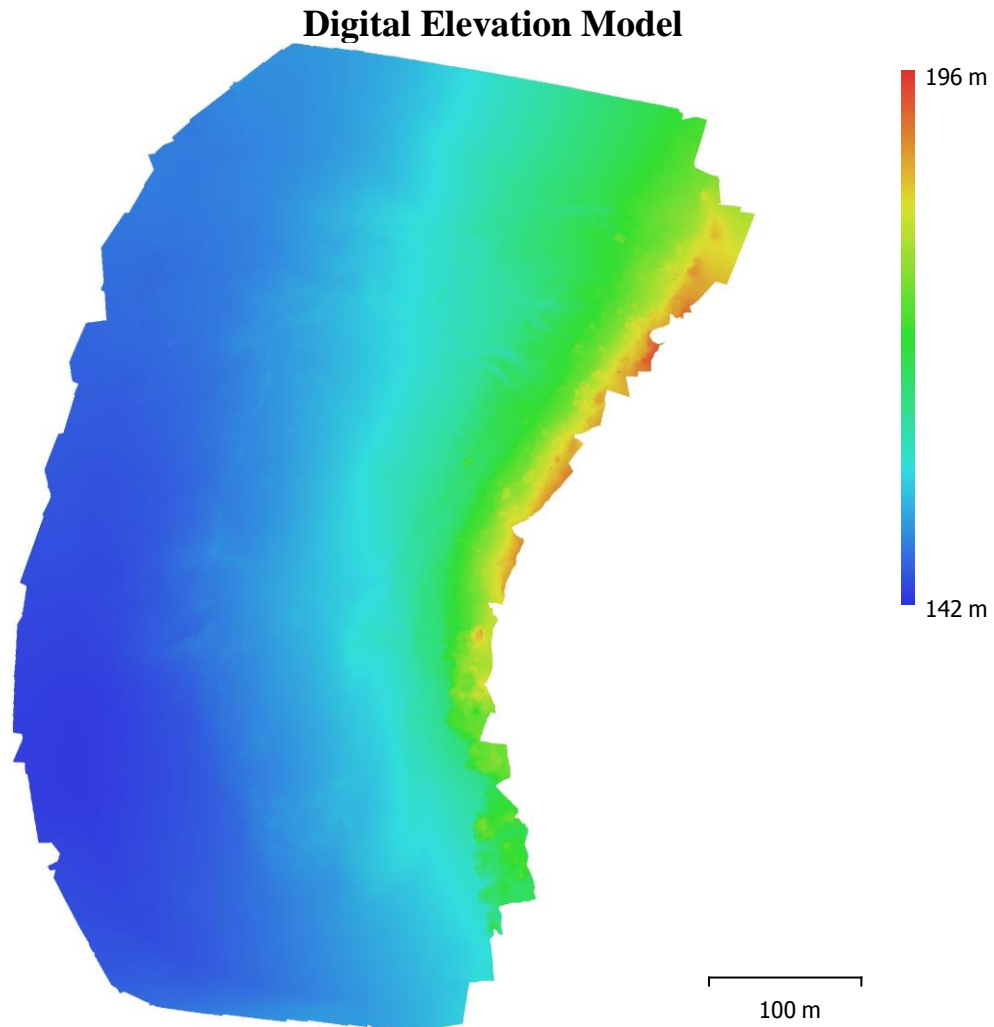


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 5.53 cm/pix
 Point density: 327 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	284
Aligned cameras	284
Markers	58
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

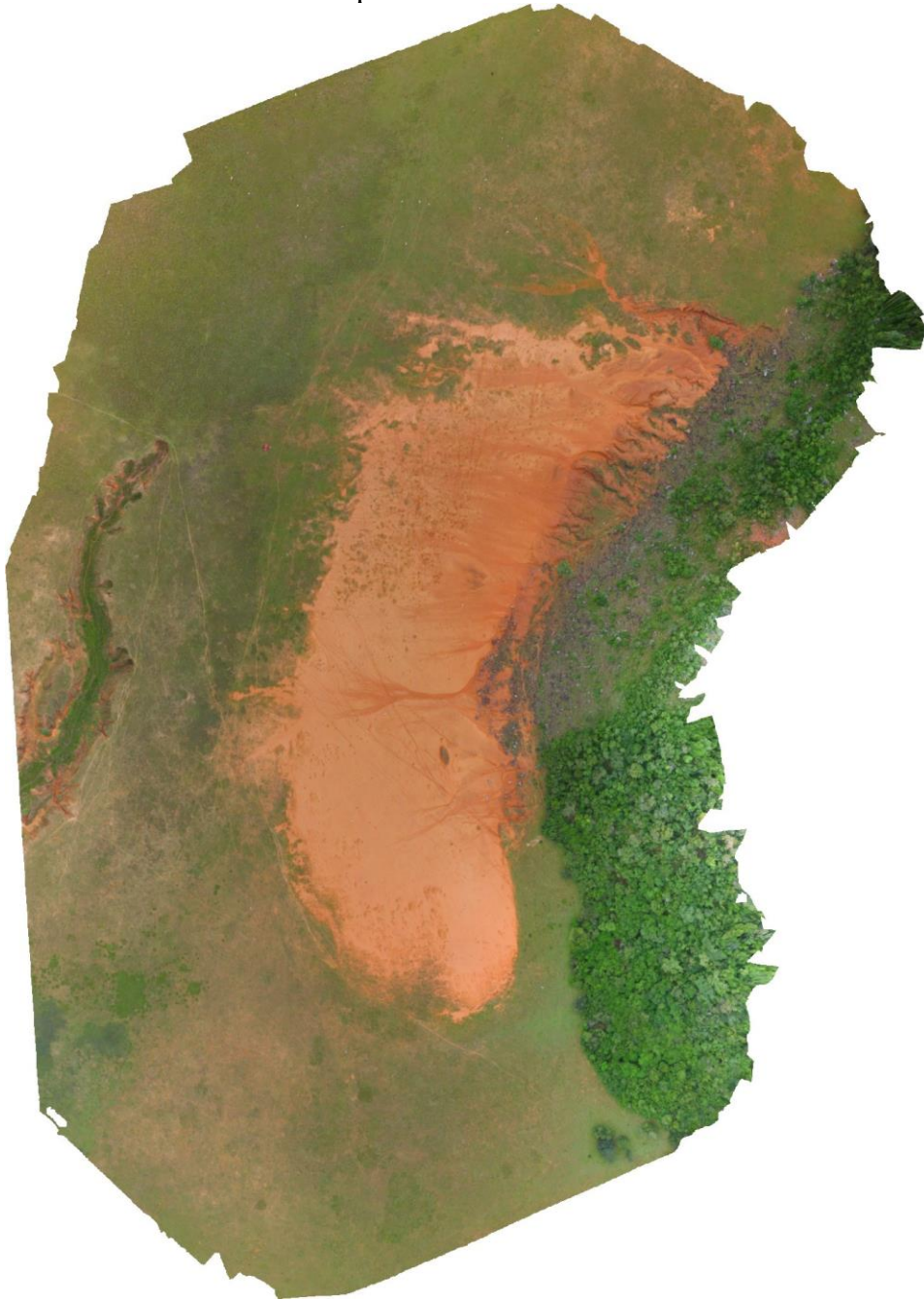
Point Cloud

Points	129,362 of 176,627
RMS reprojection error	0.394767 (1.13034 pix)
Max reprojection error	67.7306 (139.275 pix)
Mean key point size	2.96263 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	6.88075
Alignment parameters	
Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	No
Key point limit	40,000

Tie point limit	4,000
Filter points by mask	Yes
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	24 minutes 58 seconds
Alignment time	5 minutes 3 seconds
Optimization parameters	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1-
Parameters	p4
Optimization time	19 seconds
Depth Maps	
Count	284
Reconstruction parameters	
Quality	High
Filtering mode	Aggressive
Processing time	2 hours 32 minutes
Dense Point Cloud	
Points	71,777,671
Point colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	2 hours 32 minutes
Dense cloud generation time	43 minutes 13 seconds
Model	
Faces	4,655,708
Vertices	2,332,743
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	4,096 x 4,096, 4 bands,
Reconstruction parameters	uint8
Surface type	Height field
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
General	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Face count	5,377,304
Processing time	4 minutes 39 seconds
Texturing parameters	
Mapping mode	Adaptive orthophoto
Blending mode	Mosaic
Texture size	4,096 x 4,096
Enable color correction	No
Enable hole filling	Yes
UV mapping time	1 minutes 16 seconds
Blending time	3 minutes 52 seconds
DEM	
Size	13,015 x 16,980
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 21S
Reconstruction parameters	(EPSG::32721)
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled

Processing time	10 minutes 49 seconds
Orthomosaic	
Size	17,559 x 23,437
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable color correction	No
Enable hole filling	Yes
Processing time	4 minutes 47 seconds
Software	
Version	1.5.0
Platform	Windows 64

Trabalho de campo 4 - 12/2016
Relatório de processamento levantamento 2



Survey Data

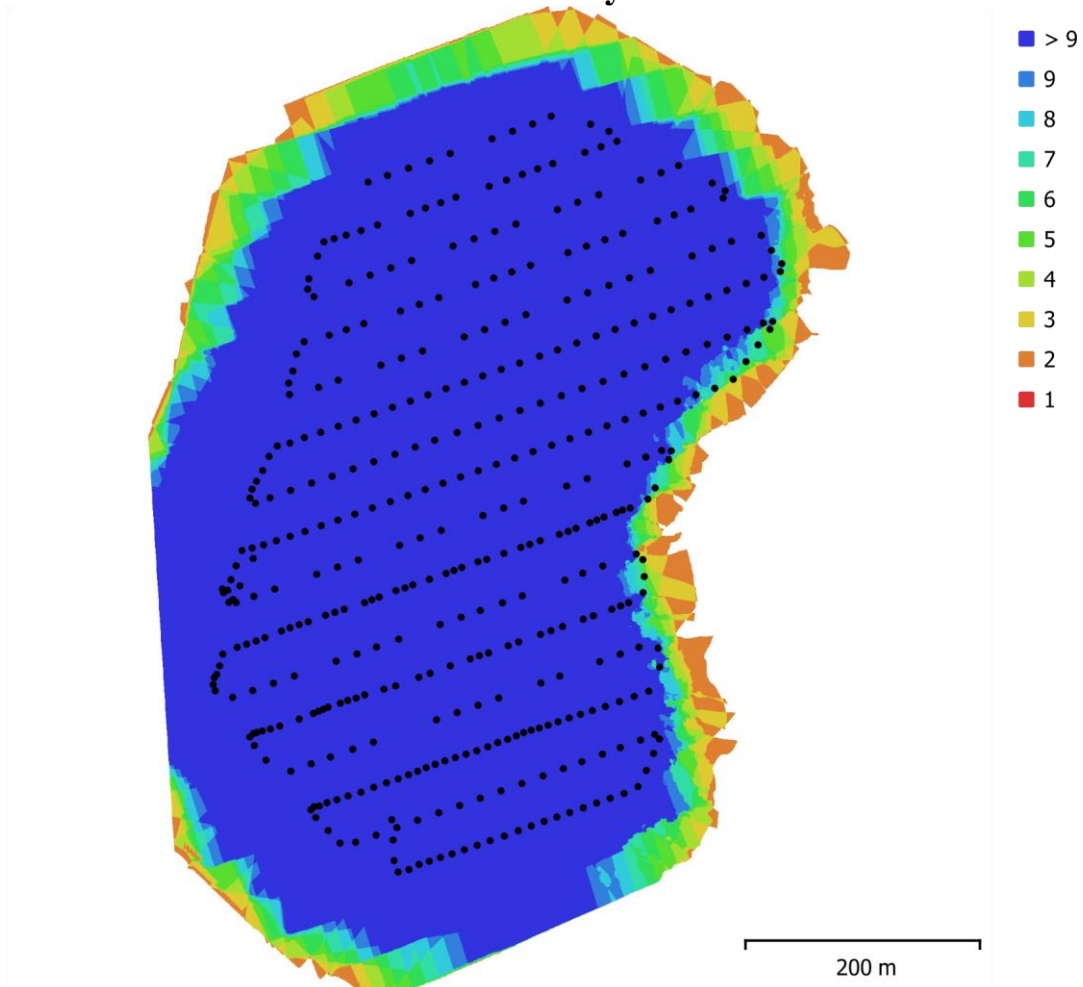


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	407	Camera stations:	407
Flying altitude:	114 m	Tie points:	176,228
Ground resolution:	4.22 cm/pix	Projections:	1,015,215
Coverage area:	0.356 km ²	Reprojection error:	1.22 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC300S (3.61 mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

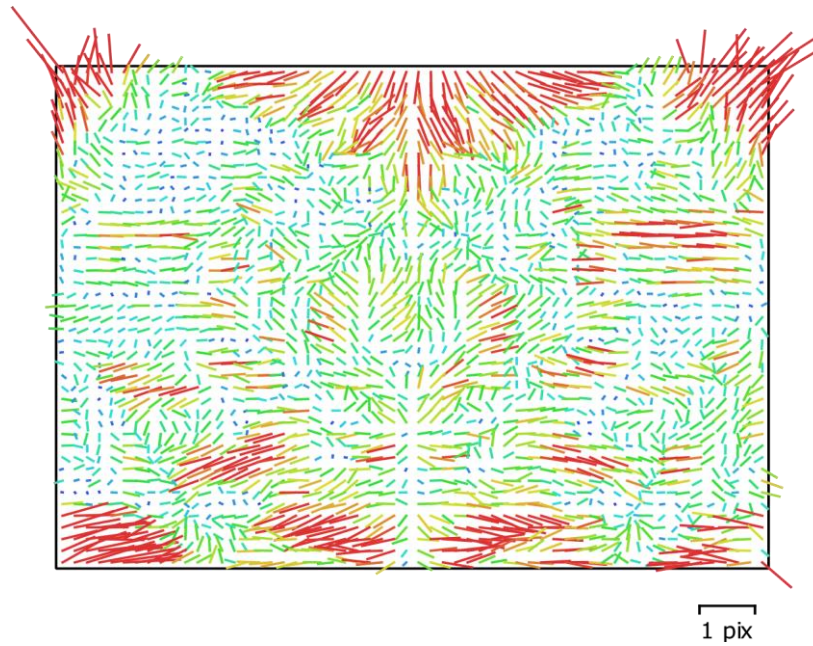


Fig. 2. Image residuals for FC300S (3.61 mm).

FC300S (3.61 mm)

407 images

Type Frame	Value	Resolution 4000 x 3000	Focal Length 3.61 mm				Pixel Size 1.56 x 1.56 μm					
		Error	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	2311.25											
Cx	7.56202	0.038	1.00	- 0.01	- 0.09	- 0.13	- 0.01	0.00	- 0.00	0.00	0.40	0.04
Cy	-28.304	0.033		1.00	0.14	- 0.07	- 0.01	- 0.01	0.01	- 0.00	0.03	0.25
B1	-4.5633	0.012			1.00	- 0.01	0.00	- 0.02	0.02	- 0.02	0.02	- 0.01
B2	0.0781132	0.012				1.00	0.02	- 0.00	0.00	- 0.00	- 0.03	0.02
K1	-0.00124584	8.6e- 005					1.00	- 0.78	0.75	- 0.71	0.07	0.31
K2	-0.0293743	0.00022						1.00	- 0.99	0.96	- 0.01	- 0.02
K3	0.0532289	0.0003							1.00	- 0.99	0.01	0.03
K4	-0.021709	0.00014								1.00	- 0.01	- 0.02
P1	0.000287794	2.5e- 006									1.00	0.10
P2	-0.00091224	2.2e- 006										1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Ground Control Points

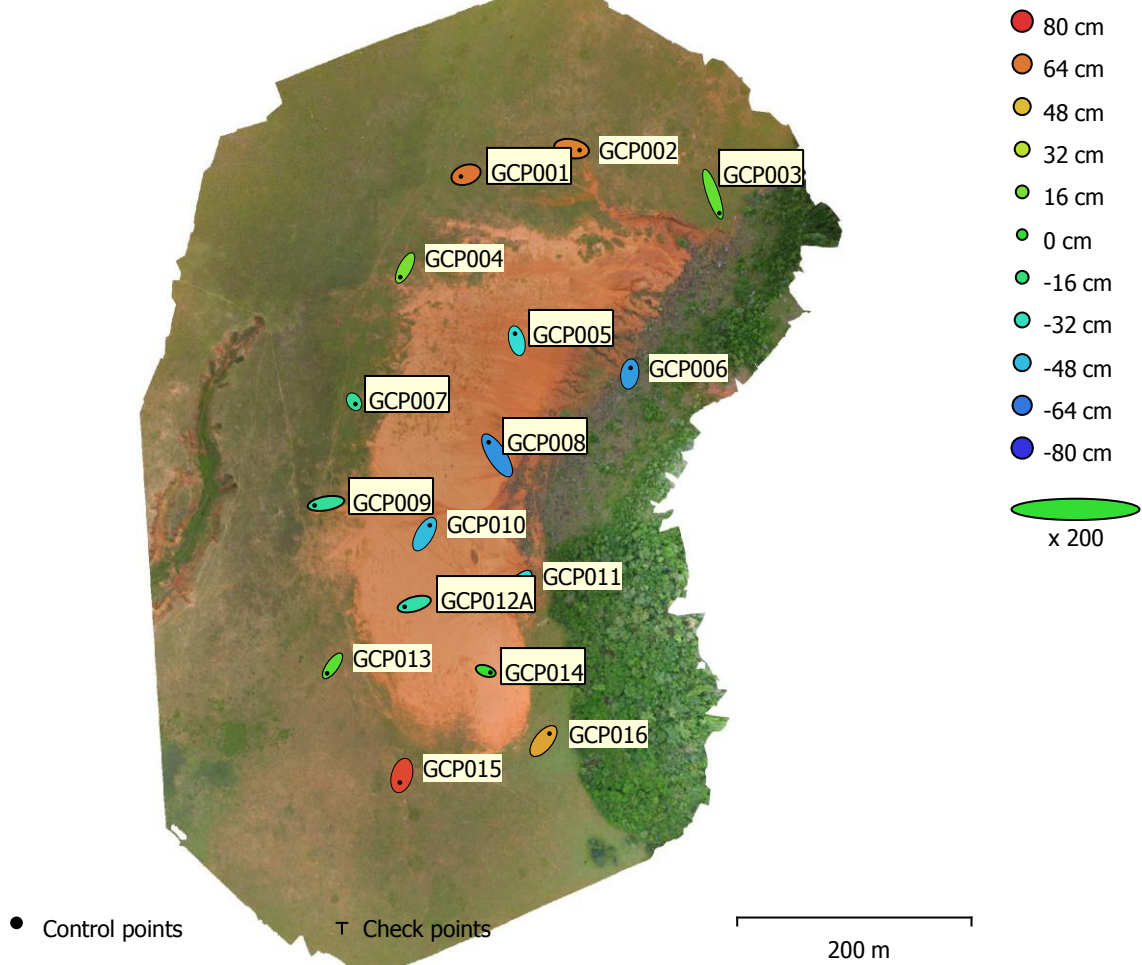


Fig. 3. GCP locations and error estimates.
 Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
16	5.41413	6.92779	43.6751	8.79245	44.5513

Table 3. Control points RMSE.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
GCP001	-4.37645	-1.48966	64.6682	64.8332	0.741 (25)
GCP002	6.83621	-1.22545	61.6422	62.0322	0.755 (22)
GCP003	5.5356	-16.1935	11.9041	20.8466	3.304 (20)
GCP004	-4.09862	-7.85327	16.6059	18.821	1.611 (36)
GCP005	-1.52633	6.06407	-37.6586	38.1742	0.693 (30)
GCP006	0.771029	5.23197	-55.0299	55.2834	0.877 (22)
GCP007	1.11989	-1.88343	-23.1022	23.2058	1.063 (39)
GCP008	-7.17337	11.2327	-57.591	59.1131	1.009 (40)

GCP009	-9.72224	-1.67934	-23.5454	25.5289	2.837 (53)
GCP010	4.37485	7.54697	-47.5718	48.365	0.615 (35)
GCP011	7.23973	7.85618	-41.1122	42.4776	0.847 (35)
GCP012A	-8.20731	-2.35107	-27.3631	28.664	0.789 (41)
GCP013	-4.60958	-6.41203	9.23372	12.1501	1.736 (56)
GCP014	4.00273	-1.33676	0.934972	4.32237	0.696 (44)
GCP015	-1.70483	-5.98607	74.9273	75.1854	1.289 (43)
GCP016	5.14098	6.37649	53.5488	54.1716	1.820 (38)
Total	5.41413	6.92779	43.6751	44.5513	1.517

Table 4. Control points. X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

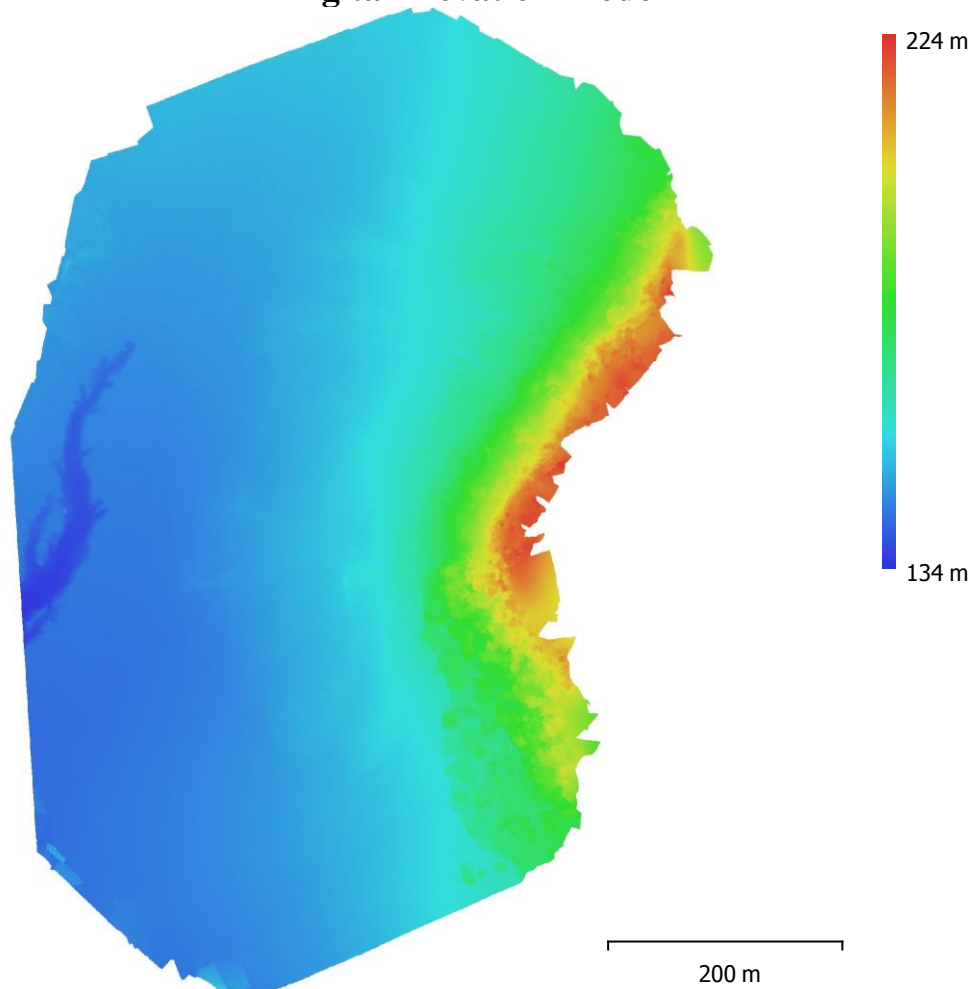


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 8.43 cm/pix
 Point density: 141 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	407
Aligned cameras	407
Markers	56
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	176,228 of 215,735
RMS reprojection error	0.282218 (1.22127 pix)
Max reprojection error	0.856205 (46.4202 pix)
Mean key point size	4.33347 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	7.97757

Alignment parameters

Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000

Tie point limit	4,000
Filter points by mask	Yes
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	44 minutes 56 seconds
Alignment time	6 minutes 36 seconds
Depth Maps	
Count	407
Reconstruction parameters	
Quality	High
Filtering mode	Aggressive
Processing time	6 hours 10 minutes
Dense Point Cloud	
Points	66,752,208
Point colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	6 hours 10 minutes
Dense cloud generation time	2 hours 32 minutes
Model	
Faces	4,404,535
Vertices	2,206,275
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	4,096 x 4,096, 4 bands,
Reconstruction parameters	uint8
Surface type	Height field
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
Face count	4,450,112
General	
Processing time	3 minutes 10
Texturing parameters	seconds
Mapping mode	Adaptive orthophoto
Blending mode	Mosaic
Texture size	4,096 x 4,096
Enable hole filling	Yes
UV mapping time	1 minutes 0 seconds
Blending time	6 minutes 34
DEM	seconds
Size	8,210 x 11,042
Coordinate system	WGS 84
Reconstruction parameters	(EPSG::4326)
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	1 minutes 26
Orthomosaic	seconds
Size	14,221 x 19,987
Coordinate system	WGS 84
	(EPSG::4326)

Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Processing time	6 minutes 57
Software	seconds
Version	1.5.0
Platform	Windows 64