

NEUMAN OTÁVIO FREITAS ASSIS

**USO DE MINERAÇÃO DE DADOS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL
DE PRODUTOS FOTOGRAMÉTRICOS GERADOS POR RPA PARA DIFERENTES
ESTRATÉGIAS DE AQUISIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Nilcilene das Graças Medeiros

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A848u
2022
Assis, Neuman Otávio Freitas, 1990-
Uso de mineração de dados e avaliação da qualidade
posicional de produtos fotogramétricos gerados por RPA para
diferentes estratégias de aquisição / Neuman Otávio Freitas
Assis. – Viçosa, MG, 2022.

1 dissertação eletrônica (165 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Nilcilene das Graças Medeiros.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Civil, 2022.

Referências bibliográficas: f. 113-115.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.486>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Drone. 2. Calibração. 3. Mineração de dados
(Computação). I. Medeiros, Nilcilene das Graças, 1977-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

CDD 22. ed. 629.1326

NEUMAN OTÁVIO FREITAS ASSIS

**USO DE MINERAÇÃO DE DADOS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL
DE PRODUTOS FOTOGRAMÉTRICOS GERADOS POR RPA PARA DIFERENTES
ESTRATÉGIAS DE AQUISIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 8 de julho de 2022.

Assentimento:



Neuman Otávio Freitas Assis

Autor



Nilcilene das Graças Medeiros

Orientadora

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Primeiramente agradeço à minha orientadora, professora Nilcilene. Sua orientação, seus conselhos e suas contribuições foram essenciais para a conclusão deste trabalho, e sua boa vontade e paciência para orientar eu para sempre lembrarei.

Ao meu coorientador, professor Júlio, que mesmo em sua agenda ocupada, sempre encontrava tempo para ajudar e orientar, contribuindo de forma essencial também para a conclusão deste trabalho.

Ao meu amigo Victor Marotta, que me ajudou em diversos momentos, emprestou seu conhecimento técnico nos mais diversos programas e que me salvou mais de uma vez.

Ao amigo Gabriel Coimbra, que com sua expertise em programação e mineração de dados, me mostrou o caminho para a conclusão do trabalho.

Aos amigos da pós, Ana Luiza e Arthur Amaral. Sua amizade e sua ajuda tornaram a jornada pelas disciplinas muito mais fáceis e agradáveis.

Ao velho amigo Túlio Resende, que me ajudou com vários problemas técnicos envolvendo o meu computador e veio ao salvamento nos momentos difíceis.

Aos professores e técnicos do DGE, DEC, EFI, DAA, PPG e PGP, que tiveram a paciência em me ajudar nos mais diversos problemas técnicos e burocráticos.

À minha família, em especial ao meu pai, grande Betão, que não só me apoiou durante todo o curso, como ajudou pessoalmente nos levantamentos de campo do projeto.

E por último à Bruna, que não só também ajudou nos levantamentos, mas em todos os momentos desta jornada. Com seu amor me fez prosseguir nos momentos mais difíceis e me motivou em todos os momentos para alcançar esta conquista. Esta vitória também é sua.

RESUMO

ASSIS, Neuman Otávio Freitas, Universidade Federal de Viçosa, julho de 2022. **Uso de mineração de dados e avaliação da qualidade posicional de produtos fotogramétricos gerados por RPA para diferentes estratégias de aquisição.** Orientadora: Nilcilene das Graças Medeiros.

Aeronaves Remotamente Pilotadas (*Remotely Piloted Aircrafts* - RPAs) estão se tornando cada vez mais acessíveis e possibilitando a obtenção de produtos como ortomagens e modelos digitais de elevação a um custo relativamente menor. Para assegurar a qualidade destes produtos, além da precisão de informações externas de controle, o processo de calibração pode ser implementado a fim de calcular valores acurados dos Parâmetros de Orientação Interior (POI) da câmara utilizada. Procedimentos de campo podem ser empregados para quebrar a correlação entre os parâmetros de orientação interior e exterior no processo de calibração em serviço, como levantamento em áreas com diferença altimétrica, utilização de linhas de voo ortogonais entre si, aquisição de imagens oblíquas e combinação de linhas de voo de diferentes alturas, gerando assim produtos de maior precisão. Para avaliar quais destes procedimentos influenciam de forma mais significativa na calibração em serviço, levantamentos foram feitos em duas áreas com características distintas, uma aproximadamente plana e outra com diferenças altimétricas entre os alvos, assim, vários cenários foram estabelecidos a partir dos levantamentos realizados com uma RPA. Os produtos gerados com uso das diferentes configurações de processamento foram analisados em função dos POI e dados de discrepância. Tomando estes resultados como banco de dados, foram aplicadas técnicas de mineração de dados, sendo elas a árvore de decisão, análise de distribuição e agrupamento hierárquico aglomerativo, a fim de determinar qual dos procedimentos de campo mais influenciou na calibração em serviço e conseqüentemente na qualidade dos produtos gerados. Para os dados analisados, os algoritmos de mineração apontaram para dois cenários mais significativos, sendo eles a aquisição de imagens oblíquas em um terreno com variação altimétrica e a combinação de linhas de voo com diferentes alturas em um campo de pouca variação altimétrica como os procedimentos que mais influenciaram na qualidade de produtos gerados a partir de levantamentos aéreos com RPA.

Palavras-chave: Calibração em serviço. Mineração de dados. RPA.

ABSTRACT

ASSIS, Neuman Otávio Freitas, Universidade Federal de Viçosa, July, 2022. **Use of data mining and positional quality assessment of RPA-generated photogrammetric products for different acquisition strategies.** Adviser: Nilcilene das Graças Medeiros.

Remotely Piloted Aircrafts (RPAs) are becoming more accessible, allowing to obtain products such as digital elevation models and orthophotos at a relatively lower cost. To ensure the quality of such products, besides the precision of external quality control information, the calibration process can be implemented in order to calculate accurate values of the Interior Orientation Parameters (IOP) of the camera used. Procedures in the field can be employed to break the correlation between the interior and exterior orientation parameters, such as surveying areas with difference in altimetry, utilizing flight lines orthogonal between each other, acquisition of oblique images and combination of flight lines of different heights, thus generating products of higher precision. To evaluate which of these procedures influence in a more significant manner the process of on-the-job calibration, flight surveys were conducted in two areas with distinct characteristics, one approximately flat and the other with altimetry differences between the targets, thus, several scenarios were established from the surveys made with an RPA. The products generated using different processing configurations were analyzed according to the calculated IOP and discrepancy data. Taking this results as database, data mining techniques were applied, them being decision tree, distribution analysis and agglomerative hierarchical clustering, to determine which field procedure influenced the on-the-job calibration the most, and consequently the quality of the generated products. For the analyzed data, the data mining algorithms point to two scenarios that were the most impactful, them being the acquisition of oblique images in a rough terrain and the combination of flight lines of different heights in a terrain with little variation in altimetry as the procedures the generated the most influence in the quality of the generated products from the flight survey conducted with an RPA.

Keywords: On-the-job calibration. Data mining. RPA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da relação entre o sistema imagem e o sistema fotogramétrico	23
Figura 2 - Ilustração do efeito de distorção radial simétrica	24
Figura 3 - Ilustração do efeito de distorção descentrada.....	25
Figura 4 - Esquema representando um multicolimador	30
Figura 5 - Esquema de funcionamento de um goniômetro de calibração.....	31
Figura 6 - Esquematisação dos dois campos utilizados	32
Figura 7 - Esquematisação do método das câmaras convergentes	33
Figura 8 - Exemplo de um dendrograma	39
Figura 9 – Fluxograma das atividades correspondentes a metodologia empregada	42
Figura 10 - Localização das áreas de levantamento	43
Figura 11 - RPA Phantom 4 Pro	44
Figura 12 - Plano de voo a 40m realizado para o campo AGROFonte: Autor	46
Figura 13 - Plano de voo a 40m realizado para o campo EFI.....	47
Figura 14 - Plano de voo a 70m realizado para o campo AGRO.....	48
Figura 15 - Plano de voo a 70m realizado para o campo EFI.....	49
Figura 16 - Distribuição dos pontos de controle e de checagem no campo AGRO..	51
Figura 17 - Distribuição dos pontos de controle e de checagem no campo EFI	52
Figura 18 - Alvo no campo AGRO	53
Figura 19 - Aparelho T10 da Topomap.....	54
Figura 20 - Comparação de uma mesma área de duas ortoimagens, uma sem as imagens levantadas editadas para geração da ortoimagem (à esquerda), e a segunda com as imagens editadas (à direita), para deixar apenas a área de estudo	57
Figura 21 - Fluxograma do processamento fotogramétrico das imagens	59
Figura 22 - Sobreposição das imagens no campo EFI no primeiro processamento..	61
Figura 23 - Sobreposição de imagens no campo EFI no segundo processamento..	62
Figura 24 - Exemplo de uma tabela de entrada de dados para o GeoPEC.....	64
Figura 25 - Gráfico das médias das discrepâncias.....	70

Figura 26 - <i>Boxplot</i> das discrepâncias tridimensionais dos resultados do primeiro processamento.....	72
Figura 27 - Gráfico das médias das discrepâncias em X, Y e Z com dados reduzidos	73
Figura 28 - <i>Boxplot</i> das discrepâncias tridimensionais dos resultados do segundo processamento.....	75
Figura 29 – Exemplo 1 de uma imagem oblíqua capturada para o trabalho	77
Figura 30 – Exemplo 2 de uma imagem oblíqua capturada para o trabalho	78
Figura 31 - Efeito causado na ortoimagem pelo uso de imagens de linhas de voo de diferentes alturas.....	80
Figura 32 - Gráfico dos menores denominadores apresentados por cada produto para obter Classe A.....	86
Figura 33 - Gráfico da equidistância de curva de nível apresentada por cada produto para obter Classe A.....	86
Figura 34 - Árvore gerada a partir dos dados do primeiro processamento - campo AGRO	90
Figura 35 - Árvore gerada a partir dos dados do primeiro processamento - campo EFI	91
Figura 36 - Árvore gerada a partir dos dados do segundo processamento - campo AGRO.....	92
Figura 37 - Árvore gerada a partir dos dados do segundo processamento - campo EFI	93
Figura 38 – Distribuição de frequência de cada variável para o campo AGRO no primeiro processamento	98
Figura 39 - Distribuição de frequência de cada variável para o campo EFI no primeiro processamento.....	99
Figura 40 - Distribuição de frequência de cada variável para o campo AGRO no segundo processamento	100
Figura 41 - Distribuição de frequência de cada variável para o campo EFI no segundo processamento	101
Figura 42 - Visualização dos grupos para as amostras do campo AGRO obtidas no primeiro processamento.....	103
Figura 43 - Visualização dos grupos para as amostras do campo EFI obtidas no primeiro processamento.....	104

Figura 44 - Visualização dos grupos para as amostras do campo AGRO obtidas no segundo processamento	106
Figura 45 - Visualização dos grupos para as amostras do campo EFI obtidas no segundo processamento	107
Figura 46 - Dendogramas formados a partir de cada banco de dados.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Derivadas parciais das equações de colinearidade em relação aos parâmetros de orientação interior e exterior.....	35
Tabela 2 - As 16 combinações dos três conjuntos de imagens utilizadas nos dois campos.....	60
Tabela 3 – Banco de dados gerado pela extração de dados da planilha de resultados.....	67
Tabela 4 - Discrepâncias tridimensionais em metros obtidas no campo AGRO.....	76
Tabela 5 - Discrepâncias tridimensionais em metros obtidas no campo EFI.....	76
Tabela 6 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-N-N	81
Tabela 7 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-S-N	81
Tabela 8 – Tabela de produtos aprovados para Classe A.....	82
Tabela 9 - Maior escala e menor equidistância como Classe A.....	83
Tabela 10 - Tabela de produtos aprovados para Classe A em planimetria.....	84
Tabela 11 - Tabela de produtos aprovados para Classe A em altimetria.....	85
Tabela 12 - Resultados do GeoPEC para o segundo processamento.....	85
Tabela 13 - Médias e medianas das discrepâncias posicionais obtidas nos produtos gerados de cada variável apresentadas no primeiro processamento.....	88
Tabela 14 - Médias e medianas das discrepâncias posicionais obtidas nos produtos gerados de cada variável apresentadas no segundo processamento.....	89
Tabela 15 - Resultados do teste de significância para o campo AGRO.....	94
Tabela 16 - Resultados dos testes de significância para o campo EFI.....	94
Tabela 17 - Resultados do teste de significância para o campo AGRO.....	96
Tabela 18 - Resultados do teste de significância para o campo EFI.....	96
Tabela 19 - Agrupamentos gerados a partir dos dados do campo AGRO obtidas no primeiro processamento.....	103
Tabela 20 - Agrupamentos gerados a partir dos dados do campo EFI obtidas no primeiro processamento.....	104
Tabela 21 - Agrupamentos gerados a partir dos dados do campo AGRO obtidas no segundo processamento.....	106

Tabela 22 - Agrupamentos gerados a partir dos dados do campo EFI obtidas no segundo processamento	107
Tabela 23 - Síntese dos resultados de cada método aplicado	110
Tabela 24 - Coordenadas dos pontos de controle e checagem levantados no campo AGRO.....	117
Tabela 25 - Coordenadas dos pontos de controle e checagem levantados no campo EFI.....	118
Tabela 26 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-N-N	119
Tabela 27 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-N-N	120
Tabela 28 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-S-N	121
Tabela 29 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-S-S	122
Tabela 30 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-S-S	123
Tabela 31 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-N-S	124
Tabela 32 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-S-N	125
Tabela 33 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-N-S	126
Tabela 34 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-N-N	127
Tabela 35 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N-N	128
Tabela 36 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-S-N	129
Tabela 37 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-S-S	130
Tabela 38 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-S-S	131

Tabela 39 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N-S	132
Tabela 40 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-S-N	133
Tabela 41 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-N-S	134
Tabela 42 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-N-N	135
Tabela 43 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-N-N	136
Tabela 44 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-S-N	137
Tabela 45 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-S-S	138
Tabela 46 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-S-S	139
Tabela 47 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-N-S	140
Tabela 48 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-S-N	141
Tabela 49 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-N-S	142
Tabela 50 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-N-N	143
Tabela 51 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N-N	144
Tabela 52 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-S-N	145
Tabela 53 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-S-S	146
Tabela 54 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-S-S	147
Tabela 55 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N-S	148

Tabela 56 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-S-N	149
Tabela 57 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-N-S	150
Tabela 58 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-N-N	151
Tabela 59 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-S-N-N	152
Tabela 60 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-S-S-N	152
Tabela 61 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-S-S-S	153
Tabela 62 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-S-S	153
Tabela 63 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-S-N-S	154
Tabela 64 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-S-N	154
Tabela 65 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-N-S	155
Tabela 66 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-N-N-N	155
Tabela 67 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-N-N	156
Tabela 68 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-S-N	156
Tabela 69 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-S-S	157
Tabela 70 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-N-S-S	157
Tabela 71 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-N-S	158
Tabela 72 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-N-S-N	158

Tabela 73 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-N-N-S	159
Tabela 74 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-N-N	160
Tabela 75 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-S-N-N	160
Tabela 76 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-S-S-N	160
Tabela 77 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-S-S-S	161
Tabela 78 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-S-S	161
Tabela 79 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-S-N-S	161
Tabela 80 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-S-N	162
Tabela 81 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação N-N-N-S	162
Tabela 82 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-N-N-N	162
Tabela 83 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-N-N	163
Tabela 84 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-S-N	163
Tabela 85 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-S-S	163
Tabela 86 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-N-S-S	164
Tabela 87 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-S-N-S	164
Tabela 88 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-N-S-N	164
Tabela 89 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação S-N-N-S	165

Tabela 90 - POI utilizados no processo de aplicação de parâmetros (Seção 6.2)..165

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	20
2.1. Objetivos Gerais.....	20
2.2. Objetivos Específicos	20
3. JUSTIFICATIVA	21
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
4.1. Calibração de câmaras fotogramétricas.....	22
4.2. Parâmetros de orientação interior	22
4.2.1. Distorção radial simétrica	24
4.2.2. Distorção descentrada.....	25
4.2.3. Parâmetros de Afinidade	26
4.2.4. Refração Atmosférica	26
4.2.5. Geometria interna da câmara	27
4.3. Métodos de Laboratório	29
4.3.1. Método dos Multicolimadores	29
4.3.2. Método do Goniômetro	30
4.4. Métodos de Campo	31
4.4.1. Método dos Campos Mistos	32
4.4.2. Método das Câmaras Convergentes	33
4.4.3. Calibração em serviço (<i>on-the-job</i>).....	33
4.4.4. Autocalibração	35
4.5. Controle de Qualidade Cartográfica	36
4.6. Mineração de dados.....	38
4.6.1. Agrupamento Hierárquico	38
4.6.2. Árvore de decisão	39

5. METODOLOGIA	40
5.1. Levantamento aéreo	43
5.1.1. Definição das áreas de estudo	43
5.1.2. Plano de voo.....	44
5.1.3. Locação dos pontos de controle e checagem e realização do voo	49
5.2. Processamento das imagens	57
5.3. Controle de Qualidade Cartográfica.....	63
5.4. Mineração de dados.....	65
5.4.1. Árvore de decisão	67
5.4.2. Análise de Distribuição de Frequências.....	68
5.4.3. Agrupamento Hierárquico Aglomerativo	69
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
6.1. Coordenadas 3D dos Produtos Gerados	70
6.1.1. Efeito de “Borramento” nas Ortoimagens	79
6.2. Aplicação dos POI.....	80
6.3. Avaliação de Acurácia Posicional	82
6.4. Mineração de Dados	88
6.4.1. Árvore de Decisão	89
6.4.2. Análise de Distribuição de Frequências.....	97
6.4.3. Agrupamento Hierárquico Aglomerativo	102
6.5. Síntese dos Resultados	109
7. CONCLUSÃO	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
APÊNDICE A – Coordenadas dos Pontos de Controle e Checagem.....	116
APÊNDICE B – Discrepâncias apresentadas por cada Combinação.....	119
Processamento I.....	119

Processamento II.....	135
APÊNDICE C – POI calculados para cada Combinação	151
Processamento I.....	151
Processamento II.....	160

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico em várias áreas do conhecimento, inclusive na Aerofotogrametria, o uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas (*Remotely Piloted Aircrafts*, RPAs), tem permitido o imageamento de áreas territoriais a um custo relativamente menor que os voos realizados por plataformas tradicionais com câmaras métricas. Estas plataformas estão cada vez mais acessíveis e seu uso cada vez mais difundido, pois são capazes de gerar imagens de alta resolução espacial e possuir flexibilidade temporal (YANG et al., 2020).

As imagens obtidas por uma RPA podem ser processadas para gerar produtos como a nuvem de pontos, Modelos Digitais de Elevação (MDE) e ortoimagens, cujo objetivo é representar da forma mais fidedigna possível o mundo real. No entanto, para assegurar a qualidade destes produtos, é preciso conhecer a geometria interna da câmara utilizada, ou seja, os parâmetros de orientação interior (POI), que modelam as distorções provocadas pelo sistema de lentes, permitindo assim a reconstrução da trajetória dos feixes de luz responsáveis pela formação da imagem e desta forma extrair informações geométricas precisas destes produtos (LUGNANI, 1987; ANDRADE, 2003)

Segundo Clarke e Fryer (1998), a fim de obter os POI da câmara, pode ser utilizada a calibração em serviço (*on-the-job*), que é feita através de um ajustamento de feixes de raios com parâmetros adicionais. Este nome é dado ao fato de a calibração ser feita no próprio campo onde será feito o levantamento de dados.

Segundo Clarke e Fryer (1998), a calibração em serviço é o método comumente empregado para câmaras de pequeno porte, pois a vantagem deste método é que as coordenadas dos pontos de controle podem ser obtidas com acurácia e que a calibração é feita sobre o mesmo campo onde serão levantados os dados de interesse, ocasionando num cálculo mais preciso dos parâmetros de calibração.

O processo de calibração em serviço busca calcular os parâmetros de orientação interior da câmara e se utiliza de alguma estratégia para quebra da dependência linear entre os pares de parâmetros no processo de ajustamento. As equações de colinearidade utilizadas para realizar o ajustamento possuem parâmetros de orientação interior e exterior, e havendo correlação entre eles, no

ajustamento pelo método dos mínimos quadrados é impossível separar parâmetros correlacionados, causando instabilidade da solução (ANDRADE, 2003).

Para evitar que esta instabilidade ocorra e melhore os resultados do processo de calibração, há diferentes procedimentos que podem ser adotados para quebrar a correlação entre os parâmetros de orientação interior e exterior, como: a tomada de fotos oblíquas, uso de faixas de voo cruzadas, utilização de faixas de diferentes alturas de voo e um conjunto de pontos de apoio com grande variação nas coordenadas altimétricas (DEBIASI; HAINOSZ; MITISHITA, 2012).

Diante da diversidade de procedimentos a serem realizados em campo, um melhor entendimento da respectiva influência para o aprimoramento da calibração em serviço, além de uma comparação entre estes procedimentos, torna-se de grande relevância.

De forma a comparar tais procedimentos de levantamento com RPA, normalmente ferramentas básicas de análise descritiva podem ser utilizadas com uso de informações de validação, através de pontos de checagem em comparação aos dados obtidos pelo processo fotogramétrico. No entanto, considerando o grande número de dados e informações geradas no processamento fotogramétrico, tais ferramentas podem não revelar relações implícitas das variáveis mediante ao volume de dados analisados. Uma ferramenta que pode ser útil para análise na extração de características e padrões numa base de dados é o uso da mineração de dados (*data mining*).

A mineração de dados é um campo que vem ganhando popularidade nos últimos anos, devido a crescente produção de dados causada por um mundo cada vez mais digital e devido a sua flexibilidade de aplicação. A mineração de dados pode ser aplicada em qualquer conjunto de dados para gerar conhecimento organizado, desde que os dados sejam relevantes para uma dada aplicação (HAN; KAMBER; PEI, 2012).

De forma a extrair informação útil de um conjunto de dados, diferentes métodos de mineração podem ser utilizados. Por exemplo, agregar dados com características similares pode ser feito por meio de técnicas de agrupamento. Já para predição, em qual categoria ou grupo uma amostra de dados pertence, técnicas de predição como Redes Neurais Artificiais ou árvores de decisão podem ser empregadas. Qual método

utilizar depende do conjunto de dados disponível e da finalidade de aplicação destes dados (HAN; KAMBER; PEI, 2012).

Dada a capacidade da mineração de dados de explorar conjuntos de dados e encontrar relações não evidentes, propõe-se neste trabalho avaliar a qualidade dos produtos fotogramétricos gerados com uso de uma RPA, considerando a influência dos procedimentos utilizados para determinação dos POI no processo de calibração em serviço.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Esta pesquisa tem com objetivo geral, o uso de técnicas de mineração de dados, para avaliar a influência da combinação de diferentes procedimentos de levantamento de dados com uso de uma plataforma RPA e sua consequente influência na qualidade dos produtos fotogramétricos gerados, como a ortoimagem e modelos digitais tridimensionais.

2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Analisar a influência do relevo (plano e ondulado) presente em dois campos de calibração sobre os produtos gerados;
- Analisar diferentes configurações de processamento com cada um destes campos, a partir de quatro conjuntos de dados;
- Analisar os produtos gerados a partir de diferentes conjuntos de imagens, processadas em diferentes combinações, usando pontos de checagem e estatística descritiva, a fim de verificar de modo geral os aspectos considerados em relação as variáveis analisadas;
- Por fim, analisar a influência dos diferentes conjuntos de imagens sobre cada produto usando como base as discrepâncias dos pontos de checagem com os pontos

correspondentes extraídos das ortoimagens, utilizando as técnicas de mineração de dados, mais especificamente o algoritmo árvore de decisão, análise de distribuição de discrepâncias e agrupamento hierárquico aglomerativo.

3. JUSTIFICATIVA

Normalmente, em um levantamento aéreo feito através de uma RPA, não é comum o uso de estratégias para quebra de correlação entre parâmetros de orientação interior (POI) e exterior (POE) que permitem um ganho na qualidade dos produtos gerados pelo levantamento. O mais usual é o emprego de linhas de voo de mesmo sentido, geralmente com alto recobrimento, o que também melhora a qualidade do ajustamento, porém, aumenta a quantidade de dados a serem adquiridos e processados.

Desta forma, um estudo sobre diferentes estratégias de quebra de correlação entre parâmetros usando campos de calibração diferentes, a fim de elevar a qualidade na determinação dos POI, além de poder avaliar essa qualidade em função dos procedimentos de campo propostos, de forma a verificar quais deles apresentam maiores impactos na qualidade dos produtos gerados, torna-se de grande relevância. Vale ressaltar que parte dessa correlação é quebrada devido a estimativa das coordenadas de posição do CP (Centro de Projeção) no momento de coleta dessas imagens por sensores de posicionamento acoplados na plataforma RPA. No entanto sua precisão é diretamente relacionada a qualidade desses sensores.

Outro aspecto importante é a busca de meios que aumentem a eficiência nos levantamentos com plataformas RPA, como a redução da quantidade de dados coletados no campo e conseqüentemente no número de imagens a serem processadas, e melhoria na qualidade posicional dos dados.

Esta proposta também é relevante, no sentido que, nesse estudo visa-se não só buscar melhorias na qualidade posicional de dados realizados com levantamentos aéreos por RPA, como também apontar relações implícitas entre parâmetros não

comumente encontrados com uso de análises descritivas simples, através do uso de técnicas extratoras de padrões por meio da mineração de dados.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Calibração de câmaras fotogramétricas

Para que se tenha credibilidade dos dados geométricos obtidos por câmaras fotogramétricas, estas devem estar calibradas e seus parâmetros de orientação interior conhecidos, de forma que se possa reconstruir o feixe perspectivo no momento da tomada da foto. Assim, pode-se extrair informações geométricas precisas do terreno através das imagens obtidas (ANDRADE, 2003).

Os erros causados devido ao processo de fabricação e formato das lentes que compõem as câmaras causam aberrações, tornando borrados os elementos formados na imagem. Estas aberrações são: aberração esférica, coma, astigmatismo, curvatura de campo, distorção e aberração cromática (ANDRADE, 2003).

As aberrações podem ser evitadas pela qualidade de construção e montagem dos conjuntos de lentes, através da combinação dessas lentes, exceto a distorção, que é tratada no processo de calibração da câmara.

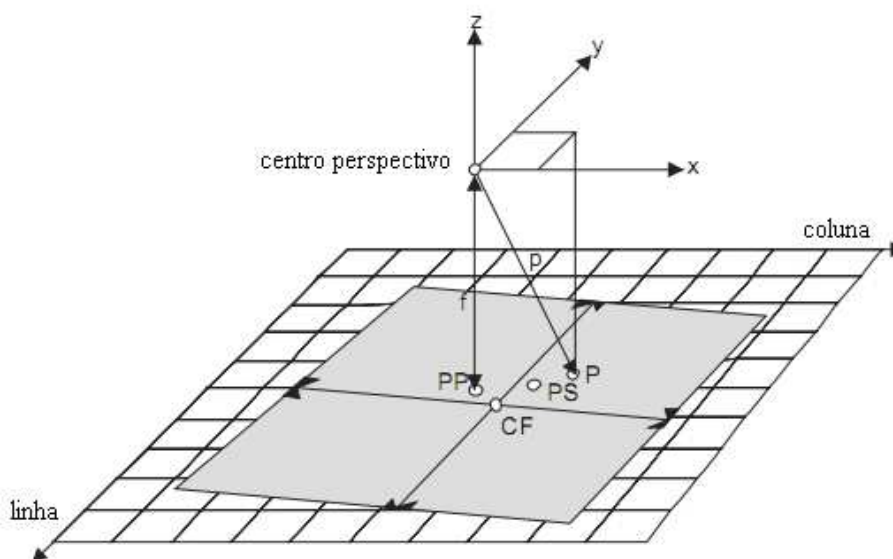
No processo de calibração de câmara há fatores externos e internos que alteram o feixe perspectivo, introduzindo erros no levantamento de informações geométricas e/ou na representação de elementos da superfície na imagem gerada. A refração atmosférica atua externamente como fonte externa de erros (SCHENK, 1999).

4.2. Parâmetros de orientação interior

A obtenção dos parâmetros de orientação interior permite a reconstrução do feixe perspectivo que gerou as imagens de um determinado levantamento, dentre eles se encontram a distância focal gaussiana e as coordenadas do ponto principal.

A distância focal gaussiana equivalente f é a distância obtida pela formação da imagem de um objeto situado no infinito, a qual é determinada no processo de calibração. Existe também a distância focal calibrada, que permite uma distribuição média das distorções das lentes, a partir de um balanceamento da curva de distorção radial simétrica (SCHENK, 1999; ANDRADE, 2003; BAZAN, 2008). A distância focal f é ilustrada na Figura 1.

Figura 1 - Representação da relação entre o sistema imagem e o sistema fotogramétrico



Fonte: Adaptado SCHENK (1999)

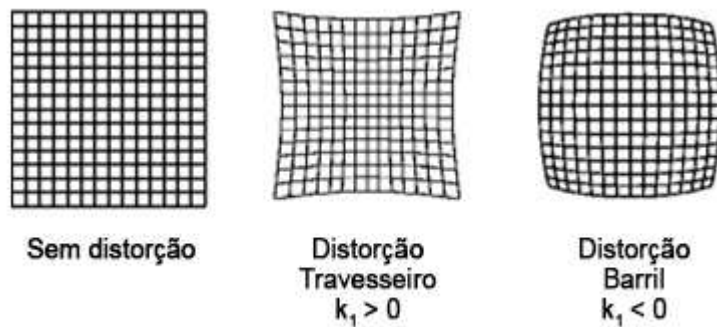
Em relação às coordenadas do ponto principal, há dois pontos principais que podem ser considerados como ilustra a Figura 1, o ponto principal de autocolimação (PP ou PPA) e o ponto principal de simetria (PS). O eixo óptico da câmara passa pelo centro perspectivo e cruza o plano de imagem perpendicularmente pelo PPA (MIKHAIL; BETHEL; MCGLONE, 2001). Já o PS é obtido matematicamente e é definido como o ponto do plano focal da câmara para o qual todas as distorções do sistema de lentes são simétricas. Independente da definição adotada para o ponto principal, suas coordenadas x_0 e y_0 representam a sua posição em relação ao sistema com origem no centro da imagem. Este sistema de referência da imagem é definido como sistema fotogramétrico (ANDRADE, 2003; BAZAN, 2008).

4.2.1. Distorção radial simétrica

Dentre as aberrações das lentes, a distorção é o único efeito tratado no processo de calibração, a fim de evitar que os pontos imageados tenham suas posições deslocadas erroneamente. As distorções corrigidas através da calibração das câmaras, se dividem em distorção radial simétrica e a distorção descentrada.

De acordo com ANDRADE (2003), a distorção radial simétrica ocorre quando há um deslocamento radial dos pontos da imagem em relação a sua posição teoricamente correta, gerando uma imagem final que parece estar estendida (distorção positiva) ou comprimida (distorção negativa), como ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Ilustração do efeito de distorção radial simétrica



Fonte: CHRISTIAN et al., (2016)

A distorção radial simétrica ocorre devido a refração que a luz sofre ao passar pelo sistema óptico da câmara. Esta distorção pode ser modelada através de um polinômio, aplicado nas componentes x e y de cada ponto, como representam as Equações 1 e 2 (GALO; TOMMASELLI, 2011).

$$\delta r_x = (x - x_0) \cdot (K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6 + \dots) \quad (1)$$

$$\delta r_y = (y - y_0) \cdot (K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6 + \dots) \quad (2)$$

$\delta r_x, \delta r_y$: Componentes da distorção radial simétrica nas coordenadas x e y ;

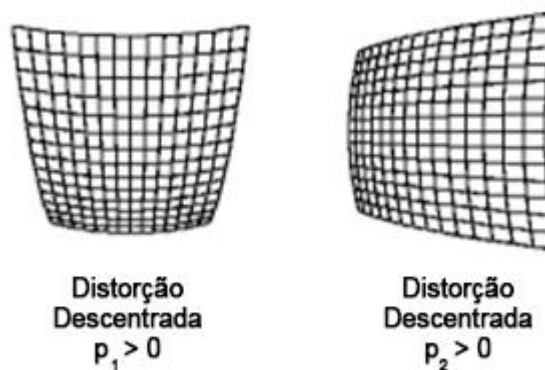
K_1, K_2, K_3 : Coeficientes da distorção radial simétrica;

r : distância do ponto (x, y) ao ponto principal (x_0, y_0) , sendo $r^2 = x^2 + y^2$.

4.2.2. Distorção descentrada

O sistema óptico da câmara é formado por um conjunto de várias lentes, de vários tipos e formatos, o que torna impossível a formação de um único eixo óptico alinhado que percorre todas as lentes do sistema, o que desloca os pontos na imagem final (ANDRADE, 2003). Este deslocamento é chamado de distorção descentrada, o qual é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Ilustração do efeito de distorção descentrada



Fonte: CHRISTIAN et al. (2016)

A distorção descentrada pode ser modelada por um polinômio, cuja versão reduzida se encontra nas Equações 3 e 4 (FRYER; BROWN, 1986).

$$\delta d_x = P_1(r^2 + 2(x - x_0)^2) + 2P_2(x - x_0)(y - y_0) \quad (3)$$

$$\delta d_y = 2P_1(x - x_0)(y - y_0) + P_2(r^2 + 2(y - y_0)^2) \quad (4)$$

onde:

$\delta d_x, \delta d_y$: Componentes da distorção descentrada nas coordenadas x e y ;

P_1, P_2 : Coeficientes da distorção descentrada;

r : distância do ponto (x, y) ao ponto principal (x_0, y_0) , sendo $r^2 = x^2 + y^2$.

Nas Equações 3 e 4, apenas os dois primeiros coeficientes de distorção radial simétrica são apresentados devido aos coeficientes subsequentes terem uma influência muito pequena na modelagem da distorção (FRYER; BROWN, 1986).

4.2.3. Parâmetros de Afinidade

Os sensores das câmaras digitais são constituídos de material sólido, de forma que é difícil ocorrer uma deformação no sensor que degrade a qualidade das imagens capturadas. No entanto há autores, como Habib e Morgan (2003), que aconselham considerar erros que podem surgir destas deformações, sendo estes os erros devido a não-ortogonalidade dos eixos no sistema de coordenadas da imagem e o erro devido a uma diferença de escala entre esses eixos. Estes erros são conhecidos como erros de afinidade do sensor e podem ser corrigidos pelas Equações 5 e 6 (FRASER, 1997).

$$\delta x_a = b_1(x - x_0) + b_2(y - y_0) \quad (5)$$

$$\delta y_a = 0 \quad (6)$$

onde:

$\delta x_a, \delta y_a$: São as componentes de afinidade nas coordenadas x e y ;

b_1, b_2 : São os parâmetros de afinidade.

O parâmetro b_1 é um parâmetro de escala, que incorpora eventuais diferenças de escala nas direções x e y . E o parâmetro b_2 compensa a não ortogonalidade entre os eixos x e y (GALO; TOMMASELLI, 2011).

4.2.4. Refração Atmosférica

Outro fator que pode inserir erros nas imagens obtidas é a refração atmosférica. Pela atmosfera ser composta por diversos gases e cada camada ter diferentes composições e temperaturas, a luz sofre refração ao atravessar este meio. É um efeito difícil de ser totalmente eliminado pela dificuldade de obtenção de informações meteorológicas de todo o caminho entre o solo e a câmara em voo, mas pode ser atenuado através do uso de uma atmosfera padrão, ou seja, considerar que o meio em que a luz viaja tenha propriedades que possam ser definidas através de um modelo padrão, como apresentado a partir das Equações 7, 8 e 9 (SCHENK, 1999).

$$\delta x_f = k \left(1 + \frac{r^2}{f^2} \right) \cdot x \quad (7)$$

$$\delta y_f = k \left(1 + \frac{r^2}{f^2} \right) \cdot y \quad (8)$$

$$k = \left(\frac{2410H}{H^2 - 6H + 250} - \frac{2410h^2}{(h^2 - 6h + 250) \cdot H} \right) \cdot 10^{-6} \quad (9)$$

onde:

$\delta x_f, \delta y_f$: Componentes da refração fotogramétrica nas coordenadas x e y;

H : Altitude de voo (em metros);

h : Altitude média do terreno (em metros);

f : Distância focal;

r : Distância do ponto (x, y) ao ponto principal, sendo $r^2 = x^2 + y^2$;

k : Constante de refração atmosférica.

Em sequência serão apresentados os elementos da geometria interna da câmara que compõem os parâmetros de orientação interior.

4.2.5. Geometria interna da câmara

De forma a minimizar os erros de deslocamento na posição imagem dos objetos, os coeficientes anteriormente mencionados são considerados na realização da orientação interior da câmara. Com estes dados conhecidos, pode-se realizar a transformação do sistema imagem, que tem como origem o canto superior esquerdo da imagem (sistema coluna e linha), um sistema bidimensional estabelecido sobre o plano do sensor, para o sistema fotogramétrico, que tem como origem o centro perspectivo da câmara. A relação entre os dois sistemas é ilustrada na Figura 1.

A relação entre os dois sistemas (imagem - fotogramétrico) é realizada a partir das Equações 10, 11 e 12 (SCHENK, 1999).

$$x = (c - c_x) \cdot p_x - x_0 \quad (10)$$

$$y = -(l - c_y) \cdot p_y - y_0 \quad (11)$$

$$z = -f \quad (12)$$

sendo:

$$c_x = \frac{(\text{número de colunas})-1}{2} \quad (13)$$

$$c_y = \frac{(\text{número de linhas})-1}{2} \quad (14)$$

onde:

$(x, y, -f)$: Coordenadas referidas ao sistema fotogramétrico, sendo f a distância focal gaussiana equivalente da câmara;

(c, l) : Coordenadas referidas ao sistema da imagem;

(c_x, c_y) : Coordenadas do centro da imagem no sistema de imagem (coluna e linha);

(p_x, p_y) : Dimensões do pixel nas componentes x e y, respectivamente;

(x_0, y_0) : Coordenadas do ponto principal no referencial do sistema intermediário da imagem.

Assim, os parâmetros de calibração que definem a geometria interna da câmara, bem como os parâmetros relacionados às distorções das lentes e afinidade (apresentados nas Equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6), podem ser definidos como: distância focal gaussiana equivalente (f), as coordenadas do ponto principal (x_0, y_0) , parâmetros de correções que compensam os desvios causados pela distorção radial simétrica (K_1, K_2, K_3) , pela distorção descentrada (P_1, P_2) e os coeficientes de afinidade (b_1, b_2) .

Estes são os parâmetros de orientação interior de uma câmara digital, que possibilitam transformar as informações coletadas do sistema imagem para o sistema fotogramétrico e corrigir desvios da geometria perspectiva causadas pelas distorções das lentes e do sensor, deixando o sistema apto para a determinação da orientação externa da câmara.

Tais parâmetros podem ser determinados no processo de calibração, que envolve equipamentos específicos, controle de ambiente e estratégias de coleta de dados, os quais visam a determinação dos parâmetros destinados ao certificado de calibração de uma dada câmara.

O processo de calibração pode ser realizado por métodos de laboratório, bem como por métodos de campo.

4.3. Métodos de Laboratório

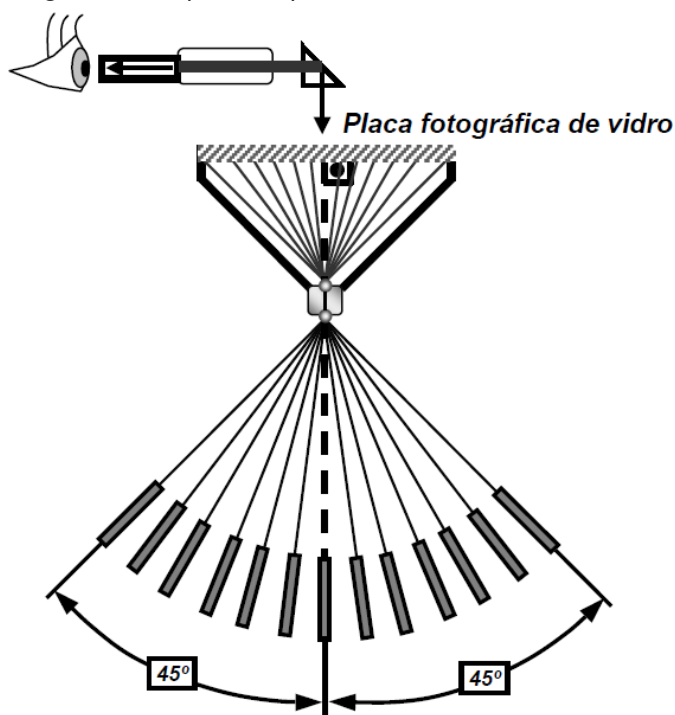
O processo de calibração de câmaras fotogramétricas é usualmente realizado em laboratório, usando dois métodos conhecidos como o método do multicolimador e o método do goniômetro.

4.3.1. Método dos Multicolimadores

Este método consiste no uso de uma série de colimadores organizados em forma de leque, espaçados entre si por ângulos de $7,5^\circ$, sendo estes montados de forma simétrica em relação ao colimador central. Caso a abertura angular dos colimadores seja de 90° , 45° para cada lado, são necessários 25 colimadores para completar o arranjo, mas também podem ser feitos numa abertura angular de 120° , num arranjo de 33 colimadores (CLARKE; FRYER, 1998).

Para realizar a autocolimação, uma placa de vidro é montada no plano focal da câmara, de forma que esta esteja numa posição perpendicular em relação ao eixo óptico da câmara e do colimador central, como mostra a Figura 4. Os colimadores e as marcas fiduciais são imageados em uma placa fotográfica de vidro e suas posições são medidas com alta precisão. A partir destas medições são calculados a distância focal gaussiana equivalente e a distorção radial de cada ponto medido (MIKHAIL; BETHEL; MCGLONE, 2001; ANDRADE, 2003; BAZAN, 2008).

Figura 4 - Esquema representando um multicolimador

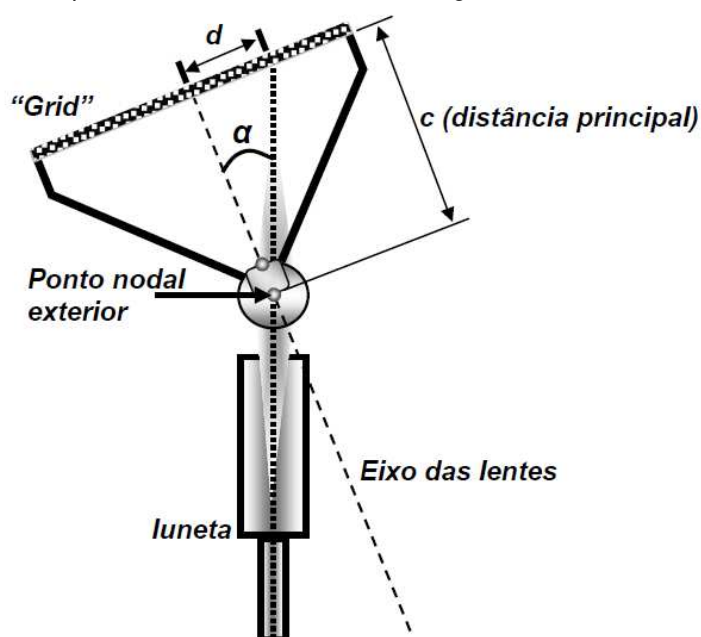


Fonte: BAZAN (2008)

4.3.2. Método do Goniômetro

Neste método, um goniômetro (medidor de ângulos) altamente preciso é utilizado em conjunto com um telescópio e uma placa colocada no plano focal da câmara, contendo uma rede de pontos, como mostra a Figura 5. Para cada ponto observado, o ângulo α entre o eixo do telescópio e o eixo de sistema de lentes é medido. Sabendo-se a distância entre os pontos da malha e dos respectivos ângulos lidos no goniômetro, pode-se calcular a distância focal gaussiana e a distorção radial para os pontos medidos (ANDRADE, 2003; BAZAN, 2008).

Figura 5 - Esquema de funcionamento de um goniômetro de calibração



Fonte: BAZAN (2008)

Nos dois métodos de calibração uma placa de vidro deve ser instalada no plano focal da câmara. Modelos de câmaras utilizados em plataformas aéreas tripuladas, de maior porte, são construídas de forma que estas placas possam ser instaladas para o processo de calibração, mas isto não ocorre em câmaras de pequeno porte, geralmente utilizadas em aeronaves não tripuladas, o que torna mais difícil a aplicação destes métodos nestes tipos de câmaras (BAZAN, 2008).

Além disso, estes equipamentos de laboratório devem ser construídos com grande precisão, com ângulos da ordem de fração de segundos de arco e a distância entre pontos nas placas da ordem de micrômetros (μm), para realizar as medições necessárias (CLARKE; FRYER, 1998), o que torna a obtenção e manutenção destes equipamentos onerosos. Além disso, a câmara deve ser levada para o laboratório de calibração, que pode estar muito distante da região onde os trabalhos estão sendo realizados.

4.4. Métodos de Campo

Como dito, além dos procedimentos de laboratório, existem também os métodos de campo, que se utilizam de um mínimo de pontos sinalizados nas áreas

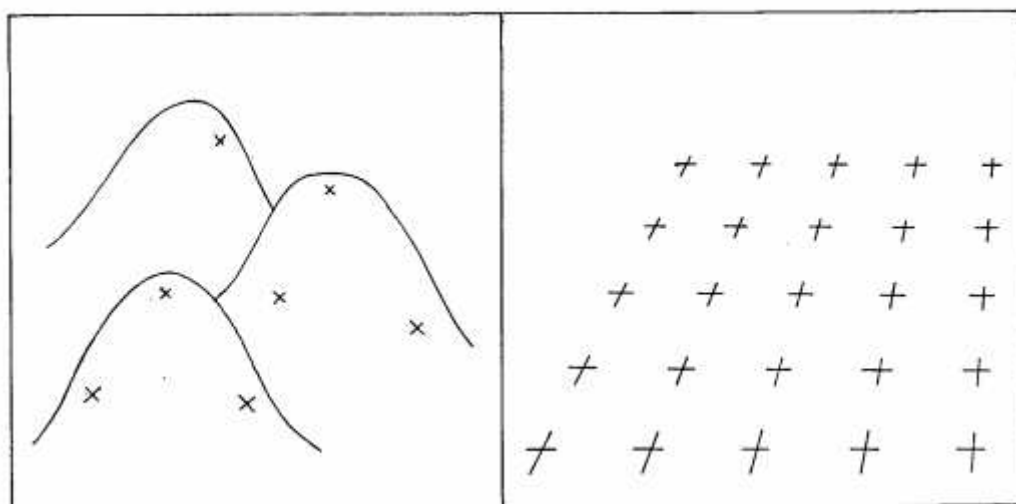
de calibração. Nos métodos de campo são utilizados a abordagem de Campos Mistos e Câmaras Convergentes, considerando o ajustamento por feixes de raios usando as equações de colinearidade com parâmetros adicionais.

4.4.1. Método dos Campos Mistos

O método de calibração de campos mistos faz uso de dois campos de calibração, um plano e outro montanhoso, a fim de quebrar a correlação entre os parâmetros. Para que o método seja utilizado de forma bem-sucedida, o campo deve ser altamente densificado de pontos de controle, mas como é difícil a implantação de pontos de controle em regiões montanhosas, o ajustamento é feito utilizando imagens de dois campos, um plano e um montanhoso, simultaneamente (OLIVAS, 1980).

Assim, a região montanhosa pode ter um número menor de pontos de controle, enquanto a região plana adjacente é mais densamente ocupada, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Esquematização dos dois campos utilizados



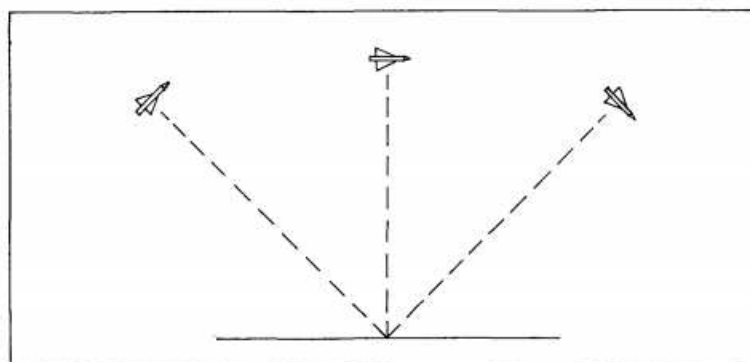
Fonte: OLIVAS (1980)

De forma que a calibração tenha o melhor resultado possível, é recomendada a realização de voos ortogonais e que o desnível entre os pontos de controle deve ser no mínimo de 20% da altura de voo (OLIVAS, 1980).

4.4.2. Método das Câmaras Convergentes

O método de calibração das câmaras convergentes faz uso de fotografias altamente convergentes para a quebra das correlações, ou seja, são tomadas de posições oblíquas, preferencialmente com um ângulo de 45° entre si como ilustrado na Figura 7 (OLIVAS, 1980).

Figura 7 - Esquematização do método das câmaras convergentes



Fonte: OLIVAS (1980)

No entanto, apenas o uso de fotografias oblíquas não é o suficiente. A fim de separar os coeficientes da distorção radial simétrica daqueles da distorção descentrada, torna-se necessário tirar fotos rotacionadas entre si em aproximadamente 90° em torno do eixo ótico (ANDRADE, 2003).

4.4.3. Calibração em serviço (*on-the-job*)

A calibração em serviço é uma das técnicas mais utilizadas na Fotogrametria a curta distância. Isto se deve ao fato de que na maioria dos levantamentos a extração de informações geométricas do espaço objeto como coordenadas, perímetros e áreas do terreno imageado é o resultado de maior interesse, e a calibração em serviço possibilita bons resultados para este fim (CLARKE; FRYER, 1998; BAZAN, 2008).

Para a realização deste método, é necessário que haja pontos de apoio (de coordenadas conhecidas no espaço objeto) na área a ser levantada. As vantagens deste método é que as coordenadas dos pontos de apoio podem ser obtidas com alta precisão e os parâmetros de calibração da câmara serão calculados a partir de dados

da mesma área onde será realizado o levantamento, se aproximando das condições reais de uso (CLARKE; FRYER, 1998; DEBIASI; HAINOSZ; MITISHITA, 2012).

As equações de colinearidade com parâmetros adicionais são utilizadas no processo de calibração em serviço, aplicadas no processo de ajustamento por feixes de raios, apresentadas nas Equações 15 e 16 (SCHENK, 1999).

$$F_x = x - x_0 - \Delta x + f \frac{r_{11}(X-X_0)+r_{12}(Y-Y_0)+r_{13}(Z-Z_0)}{r_{31}(X-X_0)+r_{32}(Y-Y_0)+r_{33}(Z-Z_0)} = 0 \quad (15)$$

$$F_y = y - y_0 - \Delta y + f \frac{r_{21}(X-X_0)+r_{22}(Y-Y_0)+r_{23}(Z-Z_0)}{r_{31}(X-X_0)+r_{32}(Y-Y_0)+r_{33}(Z-Z_0)} = 0 \quad (16)$$

onde:

x, y : Coordenadas referidas ao sistema fotogramétrico;

x_0, y_0 : Coordenadas do ponto principal no referencial do sistema com origem no centro do quadro;

f : Distância focal gaussiana equivalente da câmara;

X, Y, Z : Coordenadas tridimensionais no sistema do terreno;

X_0, Y_0, Z_0 : Coordenadas no espaço-objeto para o centro perspectivo.

Sendo r_{ij} os elementos da matriz de rotação ortogonal R (Equação 17), que contém os ângulos de rotação κ, φ, ω .

$$R = \begin{pmatrix} \cos \varphi \cdot \cos \kappa & -\cos \varphi \cdot \sin \kappa & \sin \varphi \\ \cos \omega \cdot \sin \kappa + \sin \omega \cdot \sin \varphi \cdot \cos \kappa & \cos \omega \cdot \cos \kappa - \sin \omega \cdot \sin \varphi \cdot \sin \kappa & -\sin \omega \cdot \cos \varphi \\ \sin \omega \cdot \sin \kappa & \sin \omega \cdot \cos \kappa + \cos \omega \cdot \sin \varphi \cdot \sin \kappa & \cos \omega \cdot \cos \varphi \end{pmatrix} \quad (17)$$

E Δx e Δy representam a soma dos parâmetros de distorção radial, descentrada e afinidade, de forma a corrigir tais distorções, respectivamente nas coordenadas x e y .

Assim, os parâmetros de orientação exterior ($X_0, Y_0, Z_0, \kappa, \varphi, \omega$), bem como parâmetros de coordenadas tridimensionais no terreno (X, Y, Z) dos pontos fotogramétricos são determinados simultaneamente no mesmo ajustamento.

Andrade (2003) demonstra a existência de dependência linear na matriz das derivadas parciais do modelo em relação aos parâmetros, para o caso de uma solução de calibração de câmaras com fotos aéreas perfeitamente verticais adquiridas sobre um terreno plano. As derivadas parciais são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Derivadas parciais das equações de colinearidade em relação aos parâmetros de orientação interior e exterior

	x_0	y_0	f	X_0	Y_0	Z_0
$F(x)$	-1	0	$-\frac{X - X_0}{Z - Z_0}$	$\frac{f}{Z - Z_0}$	0	$-f \frac{X - X_0}{(Z - Z_0)^2}$
$F(y)$	0	-1	$-\frac{Y - Y_0}{Z - Z_0}$	0	$-\frac{X - X_0}{Z - Z_0}$	$-f \frac{Y - Y_0}{(Z - Z_0)^2}$

Em um terreno plano, o termo $Z - Z_0$ se torna constante, causando dependência linear na matriz, visto que se as colunas correspondentes aos parâmetros x_0 , y_0 e f forem multiplicadas pelo termo $(f/Z - Z_0)$ chega-se no resultado das colunas dos parâmetros X_0 , Y_0 e Z_0 , respectivamente.

Esta alta correlação entre os parâmetros impossibilita sua separação no processo de ajustamento dos métodos dos mínimos quadrados, acarretando numa instabilidade da solução (GALO, 1993).

Para contornar este problema, deve-se quebrar a correlação entre os parâmetros. No caso da calibração em serviço, isto pode ser feito através do uso de pontos de apoio com alta variação altimétrica, tomadas de fotos oblíquas e utilização de faixas com diferentes alturas de voo (GALO; TOMMASELLI, 2011; DEBIASI; HAINOSZ; MITISHITA, 2012).

4.4.4. Autocalibração

No método da autocalibração não é necessário utilizar coordenadas de pontos de apoio no espaço objeto, pois basta usar imagens convergentes tomadas com diferentes pontos de vista.

No entanto, é necessário fixar a posição e orientação de uma das câmaras e definir uma escala no espaço objeto, delimitando assim o referencial necessário para determinação dos parâmetros de orientação exterior (POE) das outras imagens, coordenadas no espaço objeto de pontos medidos na imagem, bem como os POI. De forma a quebrar as correlações entre os parâmetros de orientação interior e exterior

no processo de calibração, ao menos uma imagem deve ser tomada com um ângulo significativamente diferente dos outros (BROWN, 1971; BAZAN, 2008; DEBIASI; HAINOSZ; MITISHITA, 2012).

4.5. Controle de Qualidade Cartográfica

Ao criar um produto para se fazer uma representação espacial de uma área de interesse, seja uma carta, ortoimagem, arquivo vetorial ou *raster*, é importante saber qual o grau de precisão que este produto representa os elementos descritos. No Brasil, a avaliação da qualidade destes produtos se dá através do Decreto-lei nº 89.817 de 1984, que estabelece os critérios do Padrão de Exatidão Cartográfica, no Art. 8º, e pela Norma de Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG).

O controle de qualidade cartográfica pode ser aplicado em produtos como ortoimagem e MDE. Ortoimagens (ou ortofotos) são produzidas através de imagens perspectivas (geralmente aéreas) através de um processo chamado retificação diferencial, que elimina deslocamentos na imagem devido à inclinação fotográfica e relevo do terreno. O resultado é uma imagem que representa os objetos na sua posição planimétrica verdadeira, podendo assim ser utilizada para extrair medições diretas de distâncias, ângulos, coordenadas e áreas (WOLF; DEWITT; WILKINSON, 2014).

Modelos digitais de elevação (MDE) são representações digitais de elevação em uma região. Estes modelos podem estar se referindo somente à elevação do terreno, sendo chamadas modelos digitais do terreno (MDT) ou podem se referir à todas as superfícies sobre o terreno, sendo chamadas modelos digitais de superfície (MDS). Qualquer um destes modelos pode ser representado como uma rede de triângulos ou como uma matriz regular, em que cada célula é representada o valor da altitude (WOLF; DEWITT; WILKINSON, 2014).

De forma a implementar o critério do Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) sobre um produto como uma ortoimagem é necessário identificar, pontos de checagem na área levantada, e obter as discrepâncias em x , y , z (Equações 18, 19,

20) a partir da comparação das coordenadas obtidas em campo com as coordenadas obtidas no produto cartográfico analisado (SANTOS, 2015).

$$d_{i_x} = x_{i_T} - x_{i_R} \quad (18)$$

$$d_{i_y} = y_{i_T} - y_{i_R} \quad (19)$$

$$d_{i_z} = z_{i_T} - z_{i_R} \quad (20)$$

Sendo a discrepância de um ponto i calculada a partir da coordenada teste (obtida do produto) e subtraindo desta o valor da coordenada de referência (obtida em campo).

A partir do cálculo destas discrepâncias para cada ponto de checagem, pode-se calcular a discrepância planimétrica para cada ponto conforme Equação 21 (SANTOS, 2015).

$$d_{i_{2D}} = \sqrt{d_{i_x}^2 + d_{i_y}^2} \quad (21)$$

Já a discrepância tridimensional é obtida pela Equação 22 (SANTOS, 2015).

$$d_{i_{3D}} = \sqrt{d_{i_{2D}}^2 + d_{i_z}^2} \quad (22)$$

Para se ter um valor de referência como Erro Padrão do conjunto de discrepâncias dos pontos de checagem do produto avaliado, pode-se utilizar o erro médio quadrático (*Root Mean Square* - RMS), dado pela Equação 23 (SANTOS, 2015):

$$RMS_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_{p_i})^2}{n - 1}} \quad (23)$$

A partir destes valores calculados para os pontos de checagem de um determinado produto e determinada a escala na qual este produto será utilizado, pode-se definir a sua classe e assim a sua qualidade. O capítulo 4.2.4 da ET-CQDG define o padrão para tamanho de amostras que devem ser coletadas para avaliação da qualidade de um produto contendo dados geoespaciais. O número de amostras depende do tamanho da área descrita por tal produto e a escala na qual este produto será utilizado.

4.6. Mineração de dados

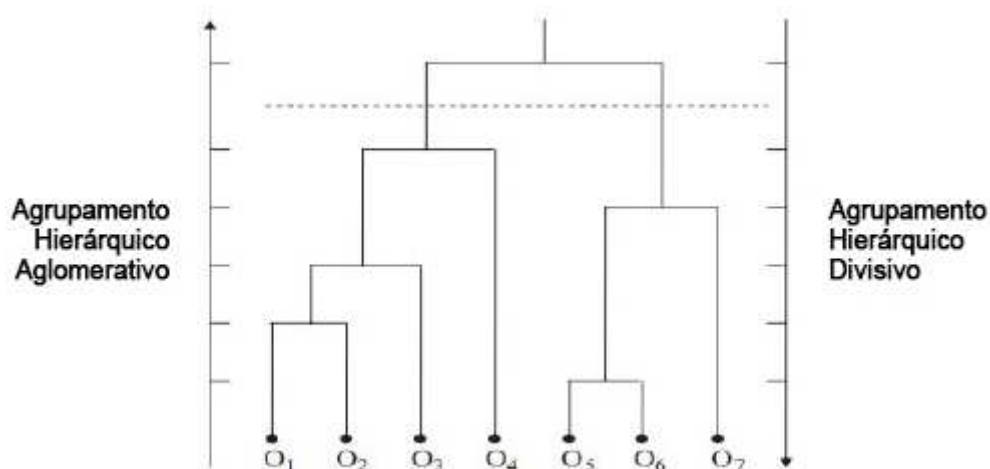
4.6.1. Agrupamento Hierárquico

O agrupamento (ou *clustering*) de dados é uma ferramenta importante na mineração de dados, pois muitas vezes é difícil de visualizar ou identificar uma possível similaridade das características do conjunto de dados de interesse. De acordo com Johnson (1967) e Han, Kamber e Pei (2012) os algoritmos de agrupamento são ferramentas interessantes por proporcionarem a descoberta de padrões dentro do conjunto de dados em estudo (JOHNSON, 1967; HAN; KAMBER; PEI, 2012).

Dentre os algoritmos existentes de agrupamento, os métodos hierárquicos são aqueles que criam uma decomposição hierárquica de um determinado conjunto de dados. Estes métodos podem ser aglomerativos ou divisivos. Os aglomerativos começam com cada objeto formando um grupo diferente, e então o algoritmo reúne sucessivamente os objetos ou grupos próximos até que todos estejam contidos em apenas um grupo, do mais elevado nível hierárquico. A abordagem divisiva segue uma ideia oposta, todos os objetos começam no mesmo grupo, e então iterativamente divide este grupo em grupos cada vez menores, até que cada objeto pertença a um grupo diferente (HAN; KAMBER; PEI, 2012; MURTAGH; CONTRERAS, 2012).

De forma a visualizar a formação ou divisão dos grupos, uma estrutura chamada de dendrograma é comumente usada, pois é possível visualizar passo-a-passo a formação dos grupos, como ilustra a Figura 8.

Figura 8 - Exemplo de um dendrograma



Fonte: SEMBIRING; ZAIN; EMBONG (2011)

De forma geral, os métodos aglomerativos são mais populares e mais utilizados do que os divisivos, pois os divisivos tipicamente não refazem as operações uma vez que uma divisão de grupos é realizada, e qualquer alternativa de partição não será mais considerada. No entanto, por ter pouca exigência computacional, os métodos divisivos tem sua aplicação, principalmente quando se trata de grandes bases de dados (ZHAO; KARYPIS, 2002; HAN; KAMBER; PEI, 2012).

Das et al. (2021), utilizaram agrupamento hierárquico aglomerativo e informações extraídas a partir de imagens térmicas de alta resolução levantadas com RPA para selecionar, dentre 18 genótipos de trigo, as variantes resistentes a solos sódicos. Ao combinar a obtenção de imagens térmicas com agrupamento hierárquico aglomerativo, o estudo apresentou resultados que podem ajudar agricultores a selecionar variantes de trigo tolerante a solo sódico e manter assim uma boa produção.

4.6.2. Árvore de decisão

Um algoritmo do tipo árvore de decisão pode ser representado por uma estrutura parecida com um fluxograma, onde cada nó interno representa um teste a um atributo, cada galho representa o resultado do teste e a classe final na qual a amostra foi classificada é representada por um nó folha (HAN; KAMBER; PEI, 2012). Dada uma tupla (uma variável onde são armazenados vários atributos), os atributos

são testados em uma árvore de decisão. Um caminho é traçado do nó raiz até o nó folha, que contém a predição da classe para a tupla. Árvores de decisão onde a variável alvo tem um número finito de valores são chamadas de árvores de classificação, onde as folhas representam os rótulos das classes e os galhos representam os conjuntos de atributos que direcionaram para aqueles rótulos (PRIYAM et al., 2013; SHARMA; KUMAR, 2016).

Uma árvore de decisão pode ser construída com relativa rapidez quando comparada com outros métodos de classificação, e vários algoritmos foram desenvolvidos no decorrer dos anos, como ID3, C4.5, CART, SPRINT, SLIQ, dentre outros. Cada um destes algoritmos tem suas vantagens e desvantagens e têm um melhor desempenho dependendo dos dados no quais serão aplicados. ID3, C4.5 e CART, por exemplo, resultam em melhores resultados em pequenos bancos de dados, enquanto SPRINT e SLIQ tem melhor desempenho em grandes bancos de dados. O pesquisador deve avaliar o seu banco de dados e a partir de suas características, escolher um algoritmo árvore de decisão que melhor servirá para o seu trabalho (HAN; KAMBER; PEI, 2012; PRIYAM et al., 2013; SHARMA; KUMAR, 2016).

Um exemplo de aplicação do algoritmo de árvore de decisão pode ser encontrado no trabalho desenvolvido por Fraser et al. (2016), onde o algoritmo foi utilizado para classificar vegetação de tundra a partir de imagens levantadas por RPA.

5. METODOLOGIA

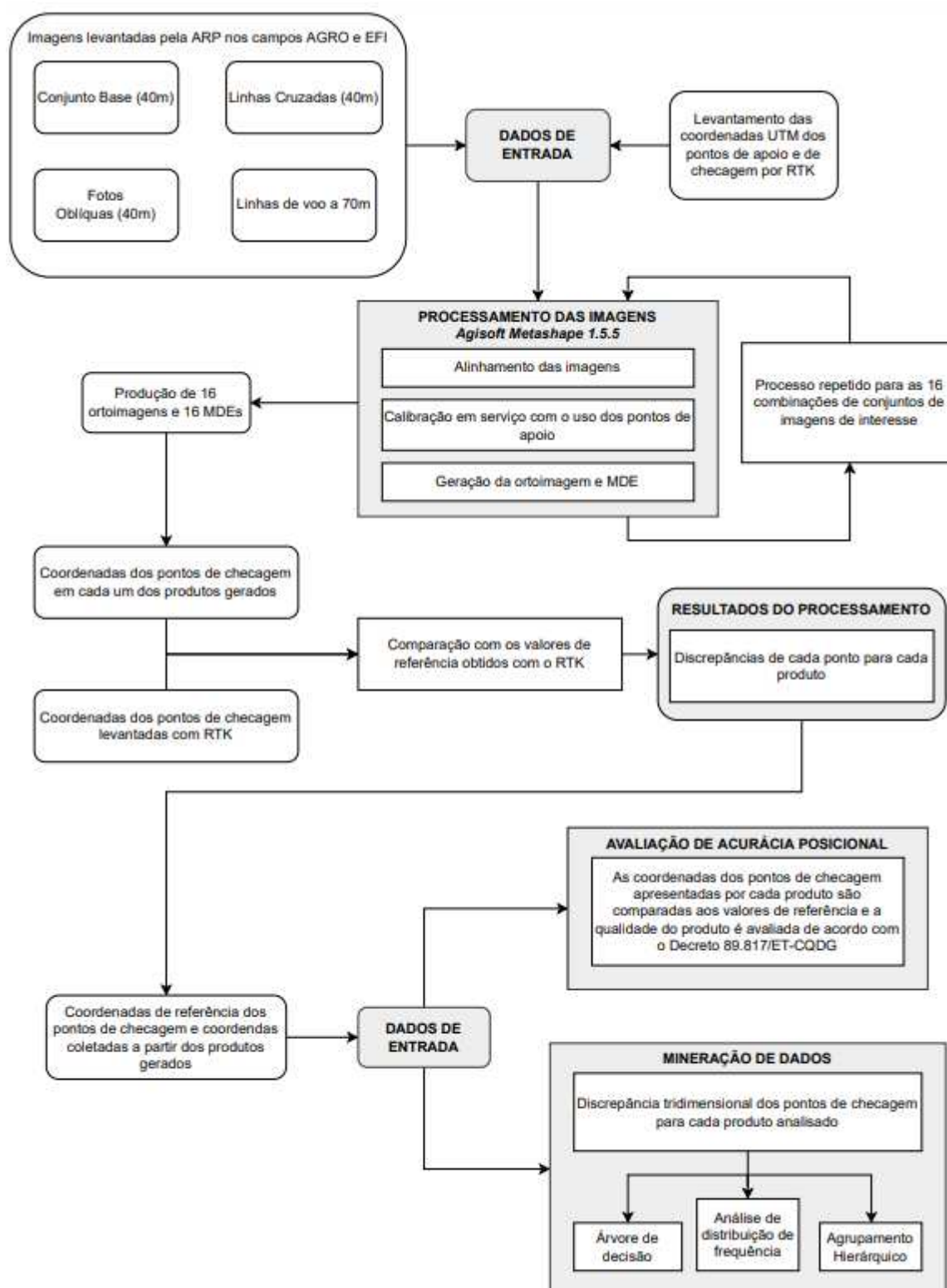
Para avaliar a influência do procedimento de levantamento de campo na qualidade dos produtos finais (MDE e ortoimagem) foi empregada uma pesquisa experimental na qual dados de duas áreas distintas foram levantados a partir de diferentes combinações de processamento. A comparação entre os resultados obtidos para cada combinação de processamento foi realizada a partir das discrepâncias das coordenadas de pontos de checagem implantados em campo.

Além da comparação com métodos básicos de estatística descritiva e análise de controle de qualidade posicional, as discrepâncias obtidas por cada processamento foram utilizadas como banco de dados para os algoritmos de mineração de dados,

visando avaliar a influência dos procedimentos propostos na geração dos produtos finais.

O fluxograma apresentado na Figura 9 ilustra a sequência de passos desenvolvidos neste trabalho.

Figura 9 – Fluxograma das atividades correspondentes a metodologia empregada



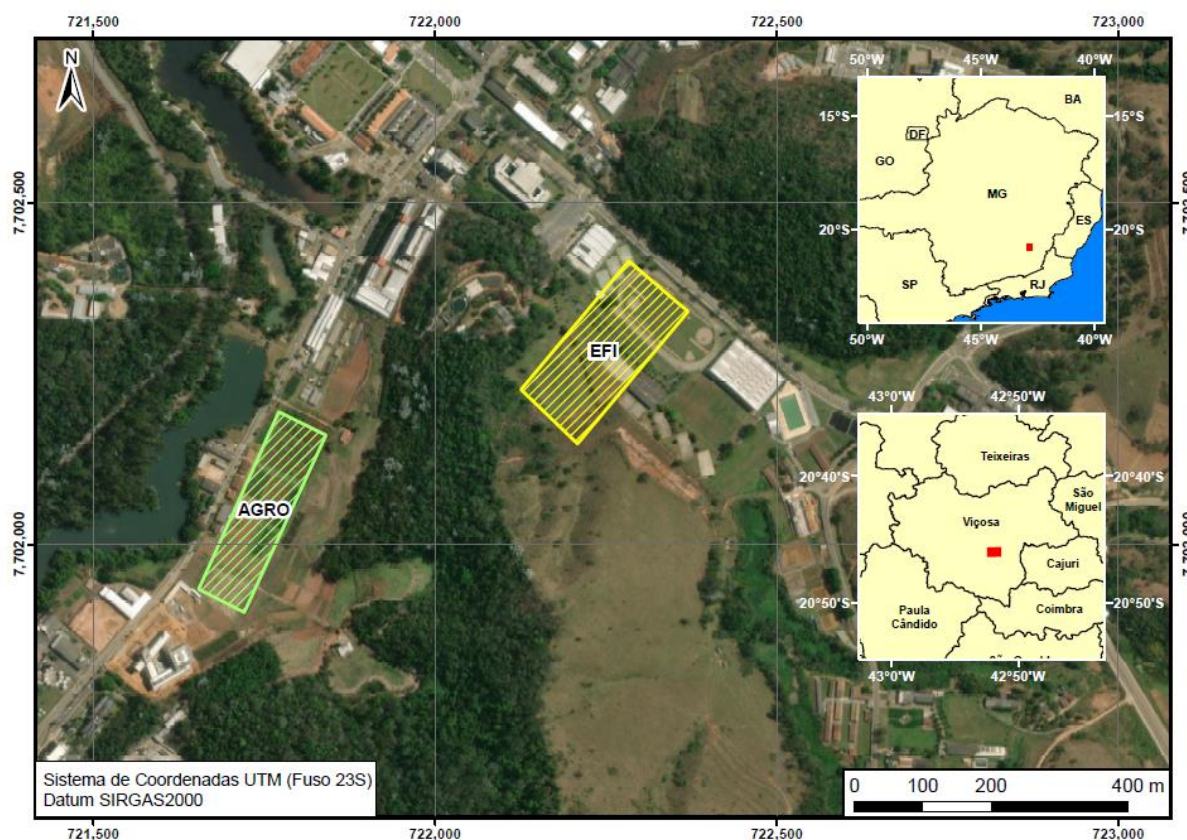
Fonte: Autor

5.1. Levantamento aéreo

5.1.1. Definição das áreas de estudo

Um critério necessário para a realização deste estudo é a comparação de levantamentos realizados em duas áreas distintas, uma área aproximadamente plana e com uma diferença na altimetria de 2m entre a parte mais alta e a mais baixa (Área 1 - AGRO) e outra área com maior variação altimétrica, de 8m (Área 2 - EFI). De forma a facilitar o acesso às áreas de levantamento, foram escolhidas duas localidades dentro do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para o levantamento de dados, conforme mostra a Figura 10.

Figura 10 - Localização das áreas de levantamento



Fonte: Autor

A Área 1, ilustrada na Figura 10 como “AGRO”, foi referida desta forma por pertencer ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) destinada à realização de cultivos agrícolas. Tal área, com aproximadamente 2,15 ha, foi escolhida por se tratar de um local praticamente plano em toda sua extensão. A

Área 2 foi referida na Figura 10 como “EFI” por pertencer ao Departamento de Educação Física (EFI), possui 2,84 ha e uma variação altimétrica de aproximadamente de 8m dentro de seus limites. Autorizações junto ao Departamento de Eventos da UFV e aos chefes dos respectivos departamentos foram obtidas para realização dos levantamentos com RPA.

Foi definido que a escala de 1:500 será utilizada para os produtos cartográficos gerados em cada uma das áreas, e segundo a ET-CQDG, para esta escala, deve-se ter uma amostra de no mínimo 13 pontos de checagem para avaliar a qualidade destes produtos (DSG, 2016).

5.1.2. Plano de voo

Para realizar o levantamento das imagens das áreas de estudo (Áreas 1 e 2), foi utilizada a RPA Phantom 4 Pro, da fabricante DJI (Figura 11). É uma aeronave leve, de 1388g e 350mm de tamanho diagonal, com uma autonomia de voo de aproximadamente 30 minutos por bateria. Consegue se estabilizar contra ventos de até 10m/s e se orienta através do sinal de satélites GPS e GLONASS, com uma precisão nominal de aproximadamente 1,5m. O sensor a bordo da aeronave é um CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*) de 1 polegada e 20 megapixels, com distância focal de 8,8 mm, resolução das imagens de 4864 por 3648 *pixels*, com cada *pixel* tendo dimensões de 2,61 por 2,61 μm (DJI, 2016).

Figura 11 - RPA Phantom 4 Pro



Fonte: DJI, 2016

Os planos de voo foram realizados através do aplicativo *DroneDeploy*, com o objetivo de capturar quatro conjuntos de imagens de cada área. Dois planos de voo com alturas de voo de 40m e 70m foram criados para cada área, sendo que o aplicativo estima um GSD (*Ground Sample Distance*) de 1,1cm para as imagens tomadas a 40m de altura e 2,1cm para as imagens tomadas a 70m.

As linhas de voo com 40m de altura foram escolhidas de forma a estabelecer a condição na diferença altimétrica dos alvos no terreno em relação a 20% da altura de voo, como recomendado por Olivas (1981) que a partir de experimentos realizados verificaram que essa porcentagem de altura de voo, contribui para quebra de correlação dos parâmetros de orientação. Neste sentido ainda, a altura de voo de 70m, teve por finalidade avaliar a influência de uma maior altura de voo nas áreas levantadas, em relação a essa quebra de correlação.

Primeiramente, as linhas de voo com 40m de altura foram traçadas de forma que o recobrimento longitudinal e lateral fosse de 80%, para avaliar os resultados de um levantamento de alto recobrimento. Três conjuntos de linhas de voo foram definidos: um conjunto de linhas de voo paralelas ao lado de maior comprimento da área a ser levantada, que serão chamadas linhas longitudinais; um conjunto de linhas de voo que cruza perpendicularmente o primeiro conjunto, de modo que as imagens adquiridas nas linhas de voo cruzadas tenham uma rotação de 90° em relação às imagens adquiridas nas linhas de voo longitudinais, sendo que nestes dois conjuntos as imagens foram obtidas apontando para o nadir. Já a terceira linha de voo circundou o perímetro da área de estudo, capturando imagens oblíquas. O recobrimento longitudinal e lateral de 80% foi utilizado em todos os planos de voo, enquanto as imagens oblíquas tiveram um recobrimento de aproximadamente 100%, com imagens capturadas a partir de linhas de voo circundando o campo de levantamento. Estes planos de voo foram realizados para as duas áreas de estudo, como mostram as Figuras 12 e 13. As linhas de voo para obtenção das imagens oblíquas também delimitam o limite da área de voo.

Figura 12 - Plano de voo a 40m realizado para o campo AGRO



Fonte: Autor

Figura 13 - Plano de voo a 40m realizado para o campo EFI



Fonte: Autor

No segundo plano de voo, a 70m de altura, foi definido apenas um conjunto de linhas de voo longitudinais, justamente para verificar a condição de quebra de correlação em relação ao aumento da altura de voo, de forma que somente estas linhas de voo foram realizadas a 70m, enquanto as linhas de voo mostradas nas Figuras 12 e 13 foram realizadas a 40m de altura. Neste caso, o traçado das linhas de voo foi determinado percorrendo o mesmo sentido do lado de maior comprimento

da área de estudo. O mesmo recobrimento longitudinal e lateral de 80% foi utilizado. O plano de voo utilizado é ilustrado nas Figuras 14 e 15.

Figura 14 - Plano de voo a 70m realizado para o campo AGRO



Fonte: Autor

Figura 15 - Plano de voo a 70m realizado para o campo EFI



Fonte: Autor

5.1.3. Locação dos pontos de controle e checagem e realização do voo

Formulados os planos de voo para as duas áreas de levantamento, foram definidos e implantados pontos de controle para realizar o processamento dos dados. Diante das dimensões da área e do número de imagens a serem capturadas, foram definidos e distribuídos 7 pontos de controle em cada área. Zanetti (2017), utilizou 15 pontos de controle em uma área de 144ha para conseguir gerar um produto Classe A para uma escala de 1:1.000 . Como as áreas levantadas para este trabalho são

significativamente menores, em torno de 2ha cada e estimando-se uma escala de 1:500 para emprego dos produtos gerados, foram escolhidos então 7 pontos de controle.

Já o total de pontos de checagem lançados sobre cada área foi equivalente a 36 pontos para o campo EFI e 34 para o campo AGRO. Merchant (1982) sugere o número mínimo de 20 pontos de controle distribuídos sobre todas as regiões (ou quadrantes) da área de levantamento para realização da análise de qualidade dos produtos gerados (GALO; CAMARGO, 1994). Foi utilizado um número maior de pontos para prover mais amostras para a posterior aplicação da mineração de dados. A distribuição destes pontos está ilustrada nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Distribuição dos pontos de controle e de checagem no campo AGRO



Fonte: Autor

Figura 17 - Distribuição dos pontos de controle e de checagem no campo EFI



Fonte: Autor

Devido ao fato das duas áreas serem de uso contínuo dos seus respectivos departamentos, foram utilizados alvos não convencionais para o experimento, de forma que pudessem ser instalados e retirados com facilidade e causar o mínimo de dano ao solo em ambos os locais, além de diminuir o custo de produção dos alvos.

Assim, foram feitos 45 alvos a partir de material de papelão, tecido TNT branco, preto e vermelho e grampeador. O papelão e o tecido foram recortados e dobrados manualmente, de forma a criar alvos quadrados de aproximadamente 20x20cm,

sendo que o papel era fixado ao papelão através de grampos. Os alvos de cor preta e branca foram utilizados como pontos de controle e os alvos vermelho e branco foram utilizados como pontos de checagem. Para fixar estes alvos no solo da forma menos impactante possível, foram utilizados piquetes de madeira de 25cm de comprimento, com uma seção transversal quadrada de 3x3cm, disponibilizados pelo Laboratório de Engenharia de Agrimensura (LEA) da UFV. Assim, os piquetes foram martelados ao solo e os alvos fixados em seu topo com pregos pequenos. Um exemplo de alvo é mostrado na Figura 18.

Figura 18 - Alvo no campo AGRO



Fonte: Autor

As dimensões de 20 por 20cm foram utilizadas para facilitar a fabricação em quantidade dos alvos e para facilitar na sua fixação sobre os piquetes. E devido às

alturas de voo adotadas (40m e 70m), este tamanho foi suficiente para a localização dos alvos nas imagens tomadas e para identificação do seu centro.

Depois de fixados os alvos nas áreas de estudo (Figuras 16 e 17), as coordenadas do centro de cada um dos alvos foram levantadas utilizando um aparelho RTK T10 da fabricante Topomap. Ele é capaz de receber sinais GPS, GLONASS, GALILEO e BEIDOU e possui uma precisão horizontal de $3\text{mm} + 0,5\text{ppm}$ para levantamento L1/L2 em estático e rápido-estático e de $8\text{mm} + 1\text{ppm}$ para levantamentos RTK, *Real Time Kinematic* (TOPOMAP, 2022). O aparelho utilizado é ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Aparelho T10 da Topomap



Fonte: Topomap, 2022

As coordenadas X e Y no espaço objeto dos pontos de controle e checagem foram obtidas com o levantamento em campo feito com o Topomap T10, sendo a coordenada X a componente E do sistema de coordenadas UTM, dado em metros, e a coordenada Y foi tomada a partir da componente N, também em metros. Todos os pontos foram levantados utilizando levantamento GNSS, sistema de referência SIRGAS2000, sendo as coordenadas UTM obtidas estavam situadas no Fuso 23 Sul, Meridiano Central 45°O . A coordenada Z dos pontos foi obtida também pelo

levantamento GNSS, sendo Z a altura geométrica, em metros, obtida pelo levantamento, utilizando também o sistema de referência SIRGAS2000.

Após o armazenamento das coordenadas dos pontos no aparelho, foi feito o *upload* do arquivo RINEX de coordenadas para o serviço de Processamento de Ponto Preciso (PPP) *online* do IBGE para processamento dos dados. As Tabelas 18 e 19 apresentam as coordenadas levantadas no campo AGRO e no campo EFI (Apêndice A).

Em relação a implantação dos alvos de campo utilizados nas áreas de estudo, limpar o terreno ao redor dos alvos ajuda a aumentar o contraste destes em relação ao seu redor, facilitando sua identificação na etapa de processamento. No entanto, tal etapa não foi possível de ser realizada nesta pesquisa, devido ao fato de que no entorno dos pontos haver culturas plantadas (no caso do campo AGRO) ou por causa da preservação do gramado no caso do campo EFI, e por isso foram utilizados os alvos cravados no topo dos piquetes. No entanto, vale salientar também que tal fato não prejudicou de forma efetiva os levantamentos realizados, que devido à baixa altura dos voos (40 e 70m) e ao contraste de cores dos alvos, os pontos de controle e de checagem puderam ser identificados sem dificuldade nas imagens levantadas.

Já no caso do material utilizado para a fabricação dos alvos, foi utilizado papelão e TNT para reduzir o custo de sua produção, por causa do número de alvos a serem implantados.

Analisando as coordenadas dos pontos levantados nos dois campos (Apêndice A), percebe-se que os pontos de controle e de checagem não estão enumerados em sequência. Esta numeração foi adotada pois os piquetes já haviam sido utilizados e enumerados no primeiro levantamento dos campos AGRO e EFI para o projeto.

Como as duas áreas são de uso comum dos estudantes, todos os piquetes tiveram que ser retirados dos dois campos e guardados para serem reutilizados no segundo levantamento. Ao utilizá-los novamente, foram implantados na ordem que eram retirados da caixa onde eram armazenados, atentando-se apenas para numeração repetida. Se um piquete de numeração repetida fosse implantado, este era renomeado para um número que ainda não havia sido utilizado, criando assim o conjunto de pontos presentes no trabalho.

Em relação ao ponto “PA09” do campo EFI foi utilizado como ponto de checagem no segundo processamento por não ter sido implantado um ponto de checagem na parte mais alta do campo, e essa troca foi realizada pelo ponto de controle ser o mais elevado, ocupando assim uma posição para melhor distribuição geométrica do conjunto de amostras de pontos de checagem.

No caso das alturas de voo, foram utilizadas faixas de voo a 40 e a 70m do solo devido à declividade do campo EFI. Como havia uma diferença de nível de 8m entre o ponto mais baixo e o mais alto no campo EFI, foi escolhida a altura de voo inicial a 40m para que a diferença de altura no campo correspondesse a 20% da altura de voo, conforme recomendado por Olivas (1980).

Os voos foram realizados em dois dias consecutivos, sendo que as imagens foram capturadas entre 10:30h e 14:00h.

No campo EFI, foram coletadas um total de 755 imagens, sendo 370 imagens das linhas de voo longitudinais, 288 imagens das linhas de voo cruzadas, 77 imagens oblíquas e 80 imagens adquiridas nas linhas de voo a 70m percorrido apenas longitudinalmente, totalizando 5.51 GB de dados. No campo AGRO, foram 747 imagens ao total, sendo 353 das linhas de voo longitudinais, 229 das linhas cruzadas, 81 oblíquas e 84 das linhas a 70m percorrido apenas longitudinalmente, o que gerou 5,3 GB de dados.

Antes de iniciar a etapa de processamento, as imagens do campo AGRO foram editadas para remover as edificações no entorno da área, de forma a gerar uma superfície mais plana possível e retirar a influência destes edifícios no processamento, como mostra a Figura 20.

Figura 20 - Comparação de uma mesma área de duas ortoimagens, uma sem as imagens levantadas editadas para geração da ortoimagem (à esquerda), e a segunda com as imagens editadas (à direita), para deixar apenas a área de estudo



Fonte: Autor

O mesmo procedimento não foi aplicado no campo EFI pois os edifícios contidos dentro dos limites do plano de voo e no entorno não ultrapassam ou possuem altura próxima a região mais alta da área levantada.

5.2. Processamento das imagens

De posse dos quatro conjuntos de imagens obtidos em cada área de estudo e das respectivas coordenadas corrigidas dos pontos de apoio e de controle, deu-se início ao processamento dos dados. Para isto foi utilizado o programa Metashape Professional versão 1.5.5 da empresa Agisoft, disponibilizado pela UFV para realização do projeto. O computador utilizado possuía um processador Intel i5-4690, placa gráfica GTX 980 e 16 GB de memória RAM DDR3. O processamento do conjunto de imagens das linhas de voo longitudinais do campo AGRO será dado como exemplo.

O primeiro passo foi importar as imagens num projeto do Metashape, e realizar um primeiro alinhamento destas imagens. O resultado deste primeiro alinhamento foi representado em coordenadas UTM, sistema de referência SIRGAS2000. O alinhamento foi realizado na opção de “alta acurácia”, com um limite de 40.000 *key points* e 4.000 *tie points*.

De forma a aprimorar a precisão das coordenadas das imagens e o alinhamento destas, foram utilizados pontos de controle de coordenadas conhecidas, levantados em campo, para fornecer ao programa uma correspondência precisa entre as coordenadas no espaço imagem dos pontos de controle e suas coordenadas no espaço objeto, no processo de calibração em serviço.

Assim, no processo de calibração com ajustamento por feixes de raios perspectivos, é possível calcular os POI do sensor utilizado, ou fixar alguns destes parâmetros caso sejam conhecidos. Nestes processamentos, os valores dos POI foram considerados como incógnitas e foram calculados para cada combinação de conjunto de imagens.

Em sequência, as coordenadas de todos os sete pontos de controle foram importadas, com suas incertezas. Depois, cada um destes pontos foi observado nas imagens em que estavam presentes e o ponto correspondente identificado no centro do alvo.

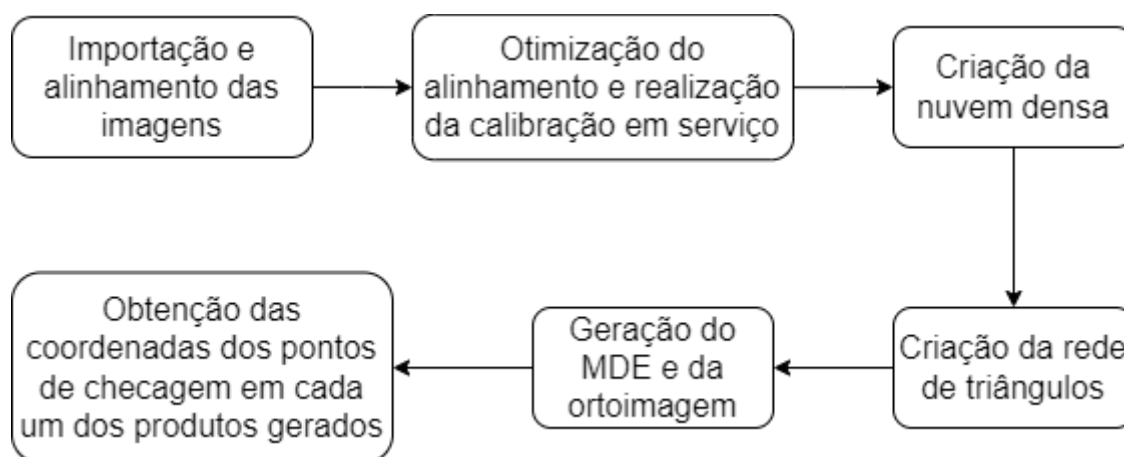
Em seguida foi gerada a nuvem densa de pontos, em qualidade média e filtro de profundidade moderado. A partir da nuvem densa foi gerada a rede de triângulos com base nos mapas de profundidade, com um número de faces e qualidade médios, formando o modelo tridimensional da área imageada. Este modelo 3D foi então refinado e posteriormente gerado o Modelo Digital de Elevação (MDE), que foi usado para gerar a ortoimagem. O MDE foi gerado com uma resolução espacial de 3,5cm e a ortoimagem com resolução de 1cm. Estes valores de resolução espacial utilizados foram os valores adotados pelo programa de processamento. Ambos foram exportados em formato TIF.

De forma a avaliar a qualidade dos produtos gerados, as coordenadas dos pontos de checagem observadas e identificadas nestes produtos foram comparadas com as coordenadas levantadas em campo e suas discrepâncias calculadas. No caso do modelo 3D, o próprio *Metashape* realiza o cálculo, comparando o posicionamento dos pontos de checagem no modelo em relação as coordenadas inicialmente importadas, e estes resultados podem ser encontrados no relatório final do processamento ou exportando a tabela de pontos. Também foi gerado pelo *Metashape* o relatório final do processamento, que possui os valores calculados para os POI do sensor.

Os pontos foram identificados na ortoimagem e suas coordenadas planas X e Y extraídas, enquanto a componente altimétrica dos pontos foi extraída do MDE. Estas coordenadas foram então importadas para uma planilha do programa Microsoft Excel e suas discrepâncias em relação às coordenadas levantadas foram calculadas.

Um resumo dos passos do processamento das imagens é apresentado no fluxograma ilustrado na Figura 21.

Figura 21 - Fluxograma do processamento fotogramétrico das imagens



Este procedimento foi repetido para os dois campos de forma a realizar todas as combinações de conjuntos de fotos. O conjunto de imagens das linhas de voo paralelas ao maior lado do campo de levantamento foi designado de “Conjunto Longitudinal” e foi usado como “base” para todos os processamentos. A partir deste conjunto inicial de imagens, diferentes combinações foram realizadas considerando outros três conjuntos: conjunto de imagens dos voos cruzados, conjunto de imagens oblíquas e conjunto de imagens tomadas a 70m. Dessa forma, são quatro as variáveis que serão combinadas, gerando 16 combinações de resultados. As combinações são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - As 16 combinações dos três conjuntos de imagens utilizadas nos dois campos

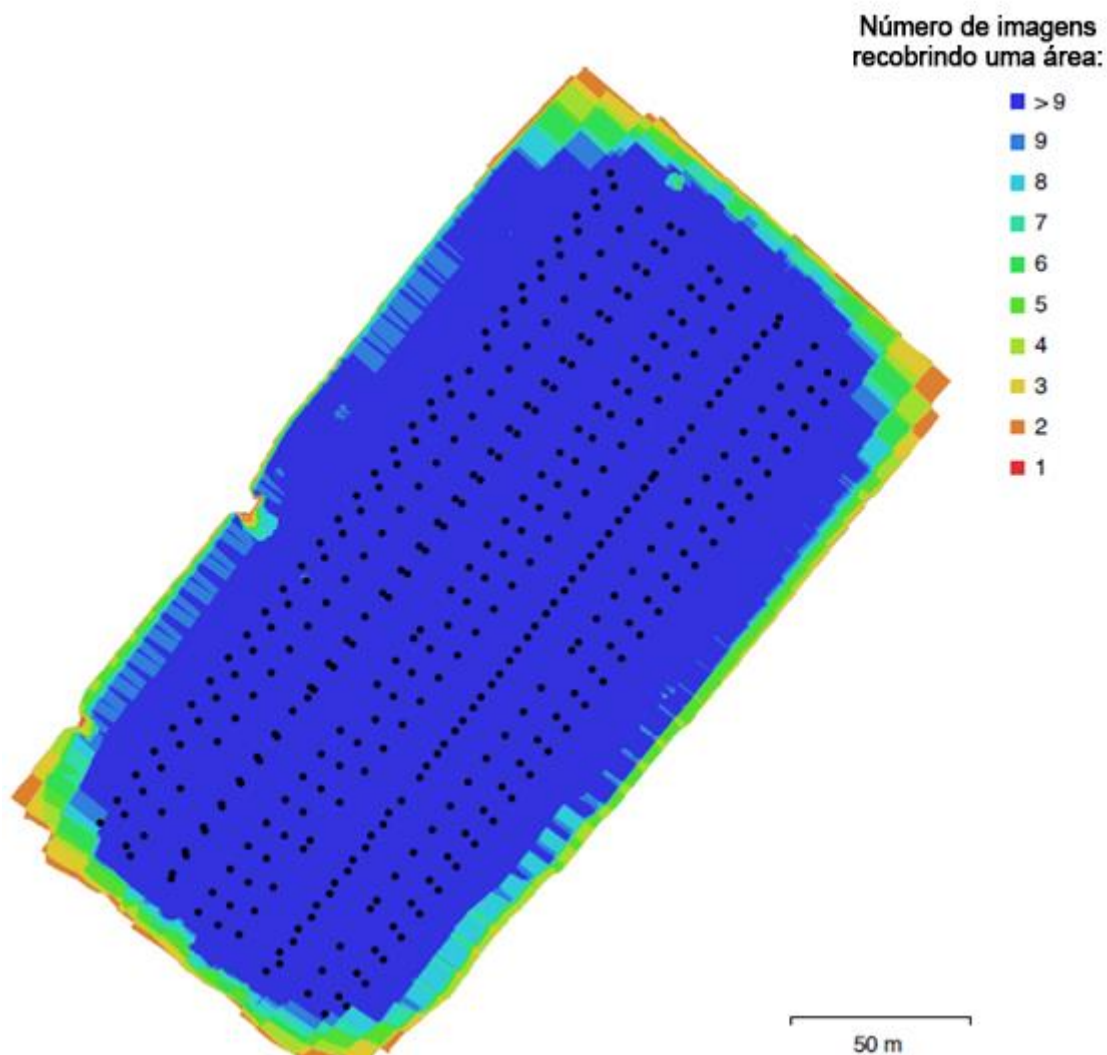
	Dif. Altimétrica	Fotos Cruzadas	Fotos Oblíquas	Linhas de voo de 70m	Código da Combinação
1	Não (Campo AGRO)	Não	Não	Não	N-N-N-N
2		Sim	Não	Não	N-S-N-N
3		Sim	Sim	Não	N-S-S-N
4		Sim	Sim	Sim	N-S-S-S
5		Não	Sim	Sim	N-N-S-S
6		Sim	Não	Sim	N-S-N-S
7		Não	Sim	Não	N-N-S-N
8		Não	Não	Sim	N-N-N-S
9	Sim (Campo EFI)	Não	Não	Não	S-N-N-N
10		Sim	Não	Não	S-S-N-N
11		Sim	Sim	Não	S-S-S-N
12		Sim	Sim	Sim	S-S-S-S
13		Não	Sim	Sim	S-N-S-S
14		Sim	Não	Sim	S-S-N-S
15		Não	Sim	Não	S-N-S-N
16		Não	Não	Sim	S-N-N-S

A título de exemplo quanto ao processamento dos conjuntos de imagens utilizadas, tem-se a combinação 7 que utilizou, além do conjunto de imagens das linhas de voo longitudinais a 40m do campo AGRO (que foram utilizadas em todos os processamentos daquele campo), o conjunto de imagens oblíquas, também capturadas a 40m.

O processamento das dezesseis combinações dos conjuntos de imagens foi realizado na ordem apresentada na Tabela 2. Para o conjunto total de 1502 imagens (10,8 GB), foi necessário um pouco mais de um mês de processamento para gerar todas as MDEs e ortomagens, o que ao final gerou mais de 500 GB de arquivos no projeto.

A Figura 22 mostra a sobreposição de fotografias no campo EFI, utilizando apenas o conjunto base de imagens, o que seria a combinação 9, segundo a Tabela 2, para este primeiro processamento.

Figura 22 - Sobreposição das imagens no campo EFI no primeiro processamento



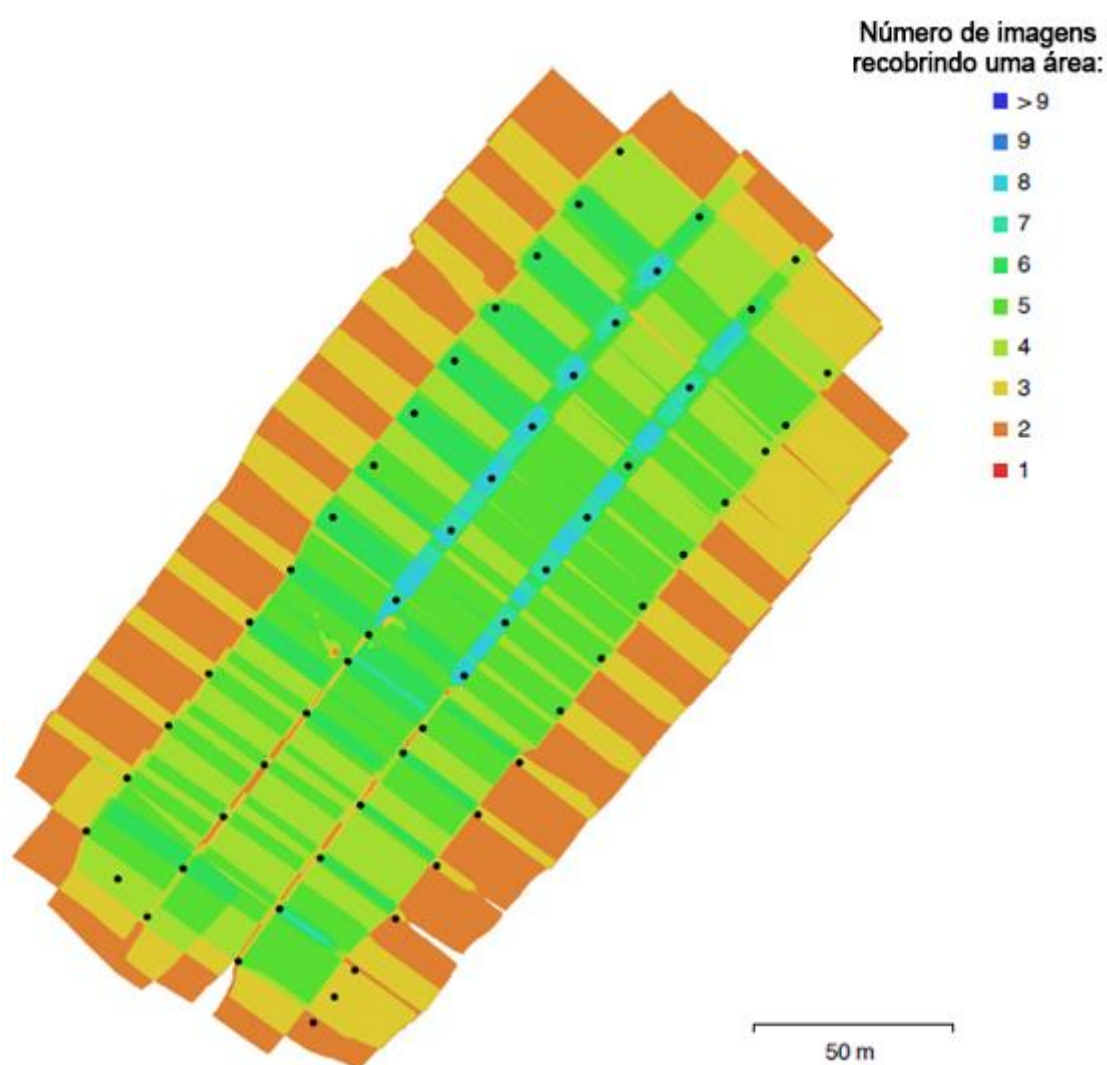
Fonte: Autor

Após completar os processamentos envolvendo o conjunto completo de imagens, uma segunda rodada de processamentos foi realizada, consistindo no uso dos mesmos conjuntos de imagens (conjunto longitudinal, cruzado, oblíquo e longitudinal a 70m), no entanto, com um número reduzido de imagens e pontos de controle, a fim de verificar o impacto de tal configuração na qualidade dos produtos gerados.

Foram utilizados 3 pontos ao invés de 7 pontos de controle e para todos os quatro conjuntos de imagens dos dois campos tiveram uma redução de 85% no número de imagens, de forma que para o campo da EFI foram utilizados um total de 140 imagens, sendo 60 imagens das linhas longitudinais, 50 das cruzadas, 16 oblíquas e 14 das linhas de voo a 70m. No campo da AGRO foram utilizadas 116

imagens, sendo 56 imagens das linhas longitudinais, 34 das linhas cruzadas, 12 oblíquas e 14 das linhas de voo a 70m, de modo que a sobreposição longitudinal e lateral diminuiu para os dois campos. Isto reduziu os arquivos de projeto para 70 GB e reduziu consideravelmente o tempo de processamento, sendo que a produção de um par ortomagem e MDE demandava em torno de 30 minutos de processamento ao invés de várias horas. A Figura 23 mostra a sobreposição no campo EFI no segundo processamento com a redução do número de imagens, usando apenas o conjunto advindo das linhas de voo longitudinais.

Figura 23 - Sobreposição de imagens no campo EFI no segundo processamento



Fonte: Autor

Além das alterações nos conjuntos de imagens, no campo EFI uma pequena mudança foi feita em relação a um dos pontos levantados. O ponto “PA09”, utilizado como ponto de controle no primeiro processamento, foi utilizado como ponto de

checagem no segundo processamento, sendo renomeado “PC09”, e assim subindo para 37 o número de pontos de checagem do campo EFI. Isto foi feito por este ponto ser o mais elevado do campo de estudo e desta forma, ser um ponto interessante para incluir na amostragem de pontos de checagem.

A diminuição de pontos de controle, de 7 para 3, foi feita para fornecer ao programa o número mínimo de pontos para realizar o processamento. Quanto a redução do número de imagens utilizadas, isto foi feito diminuindo o número de linhas de voo pela metade, diminuindo assim o recobrimento lateral. E dentro das linhas de voo restantes, a cada foto que permanecia, três eram removidas em sequência, de forma a diminuir também o recobrimento longitudinal.

Estas alterações no segundo processamento foram realizadas de forma a fornecer um mínimo de informação possível para o programa realizar a calibração de serviço e gerar os produtos finais, de forma a verificar quais das estratégias de quebra de correlação são mais efetivas, ao utilizar uma base de dados reduzida.

5.3. Controle de Qualidade Cartográfica

Além das análises determinadas pela estatística descritiva, e de forma a complementar as análises dos resultados em termos de aplicação dos produtos gerados, o processo de controle de qualidade cartográfica foi aplicado utilizando as discrepâncias obtidas nos pontos de checagem. Isso foi realizado por meio do programa científico GeoPEC, versão 3.5.1, de uso livre e desenvolvido pelo Prof. Afonso de Paula dos Santos da UFV para avaliação da acurácia posicional em dados espaciais. O processo estatístico completo utilizado pelo programa pode ser encontrado em Santos et al. (2016).

O GeoPEC usa como dados de entrada um arquivo no formato ASCII contendo em cada linha a respectiva identificação do ponto de checagem e nas colunas os valores das coordenadas de referência dos pontos e os valores de teste obtidos através da ortoimagem produzida (Figura 24).

Figura 24 - Exemplo de uma tabela de entrada de dados para o GeoPEC

File	Edit	Format	View	Help				
BASE	721731,256	7702055,197	652,3	721731,26	7702055,182	652,2598267		
PC01	721716,761	7702003,83	653,084	721716,75	7702003,813	653,0245361		
PC02	721752,647	7702106,349	652,259	721752,637	7702106,343	652,2068481		
PC03	721777,83	7702041,896	652,59	721777,822	7702041,893	652,586853		
PC04	721715,976	7702021,013	652,826	721715,98	7702020,998	652,7924194		
PC05	721725,945	7702072,751	652,306	721725,955	7702072,756	652,2905884		
PC06	721757,099	7702055,258	652,388	721757,083	7702055,254	652,3696289		
PC07	721716,631	7701966,074	653,199	721716,624	7701966,055	653,1799316		
PC08	721702,364	7701943,416	653,432	721702,365	7701943,416	653,4471436		
PC09	721786,996	7702134,903	652,161	721786,975	7702134,915	652,140564		
PC10	721719,931	7702049,753	652,492	721719,938	7702049,748	652,4729614		
PC11	721712,933	7701917,898	653,558	721712,924	7701917,887	653,5810547		
PC12	721767,364	7702120,925	652,222	721767,366	7702120,931	652,1809692		
PC13	721668,977	7701940,513	653,615	721668,986	7701940,506	653,6517944		
PC14	721694,315	7701976,225	653,312	721694,334	7701976,222	653,3005371		
PC15	721782,149	7702113,717	652,261	721782,134	7702113,731	652,2475586		
PC17	721700,624	7702004,845	653,05	721700,634	7702004,842	653,0257568		
PC18	721784,58	7702060,142	652,38	721784,565	7702060,137	652,3955078		
PC20	721719,901	7701934,72	653,552	721719,897	7701934,708	653,5783691		
PC21	721757,035	7702079,492	652,233	721757,021	7702079,505	652,2193604		
PC22	721766,664	7702141,049	652,158	721766,663	7702141,055	652,121582		
PC23	721767,896	7702025,663	652,839	721767,88	7702025,653	652,8127441		
PC26	721742,792	7702037,682	652,524	721742,786	7702037,664	652,5317993		
PC27	721675,588	7701958,218	653,485	721675,583	7701958,21	653,5021362		
PC28	721736,356	7702090,646	652,286	721736,34	7702090,632	652,2493286		
PC29	721798,889	7702084,522	652,289	721798,862	7702084,519	652,3239746		
PC30	721732,679	7702012,246	652,837	721732,693	7702012,25	652,8106689		
PC31	721817,672	7702139,77	652,238	721817,647	7702139,777	652,2636719		
PC32	721770,288	7702099,778	652,294	721770,295	7702099,776	652,2764282		
PC35	721810,766	7702115,909	652,145	721810,769	7702115,913	652,1454468		
PC36	721778,94	7702158,027	651,959	721778,934	7702158,033	651,9328003		
PC37	721800,939	7702146,563	652,183	721800,942	7702146,562	652,1732788		
PC39	721754,302	7702001,712	652,929	721754,292	7702001,7	652,9196167		
PC40	721743,473	7701978,311	653,111	721743,475	7701978,303	653,0620728		

Fonte: Autor

Após a entrada dos dados, são definidos os seguintes parâmetros:

- O tamanho da área levantada, 2,15ha no caso do campo AGRO e 2,84ha para o campo EFI.
- O denominador da escala de teste.
- Equidistância em metros da curva de nível.

Definidos os parâmetros acima, foram realizadas as configurações de processamento do programa:

- Teste de tendência t de Student com um nível de confiança de 90%.
- Teste de precisão Qui-Quadrado com nível de confiança de 90%.
- Teste Shapiro-Wilk de normalidade com nível de confiança de 95%.
- Considerar a resultante posicional no estilo de processamento.
- RMS populacional como medida de dispersão de dados.

Para os resultados da acurácia posicional foram consideradas apenas as condições do Decreto 89.817/ET-CQDG, e por isso não foram utilizados os testes de tendência propostos por Santos et al. (2016).

Após a entrada de dados e configurações de análise no software GeoPEC, foram obtidas as acurácias posicional para cada produto. Destaca-se que para o resultado da acurácia posicional é necessário definir a escala em que o produto será utilizado. Para fazer uma comparação entre os produtos obtidos, o processamento foi repetido para cada produto, cada vez numa escala diferente a fim de determinar qual a maior escala que o produto poderia ser classificado como Classe A para avaliação planimétrica. No caso da avaliação da qualidade da altimetria, foi repetido o processo, mas neste caso para averiguar qual o menor valor da equidistância de curva de nível o produto poderia ser utilizado com avaliação Classe A. Estas comparações foram feitas entre todos os produtos gerados, nos dois processamentos.

5.4. Mineração de dados

Após o processamento dos conjuntos de imagens, quatro planilhas contendo as discrepâncias em relação as coordenadas X, Y e Z de cada ponto de checagem foram geradas, separando os dados por campo de levantamento e por processamento. Cada planilha contém os resultados das 8 combinações de processamento realizadas em relação aos procedimentos de levantamento, o uso de voos cruzados, imagens oblíquas e imagens de linhas de voo de diferentes alturas, de forma que estes procedimentos serão tratados como variáveis que podem influenciar na discrepância apresentada pelos pontos de checagem. Destas planilhas, quatro conjuntos de dados serão gerados para serem utilizados pela mineração de dados. Primeiro foi criado um *script* para extrair os valores de interesse das planilhas.

Para isso, foi utilizado a linguagem Python 3.10 e a plataforma Jupyter como interface gráfica para codificar os algoritmos. O primeiro *script* fez a leitura da planilha com os dados de interesse, criando em torno de 280 linhas de entrada para cada conjunto de dados de cada campo.

Em cada uma destas entradas foram delimitados quatro atributos. O primeiro deles, D, corresponde à discrepância tridimensional encontrada para aquele ponto.

Para gerar este atributo D, foram lidos os valores das coordenadas de referência de cada um dos pontos de checagem e eles foram então subtraídos dos valores das coordenadas de teste. A partir das discrepâncias obtidas em X, Y e Z, foi calculada então a discrepância tridimensional, segundo a Equação 22, e os valores obtidos foram então atribuídos ao atributo D.

Este procedimento foi realizado para cada um dos pontos de checagem, para cada campo e para cada processamento. Além de calcular D para cada ponto de checagem de cada conjunto de resultados, foram designados outros três atributos binários, que descrevem qual conjunto de imagens foi utilizado num determinado processamento. Os atributos descritos a seguir assumem o valor 1 ou 0 (se foi usado ou não):

- *linhasCruzadas*: se para aquele conjunto de resultados foram utilizadas imagens de linhas de voo cruzadas.
- *fotoObliquas*: se para aquele conjunto de resultados foram utilizadas imagens obliquas.
- *diferenteAltura*: se para aquele conjunto de resultados foram utilizadas imagens de linhas de voo com diferente altura de voo (a 70m).

Após o cálculo de D e a definição dos atributos listados acima, foram produzidos quatro bancos de dados que foram utilizados como base para o processo de mineração. A Tabela 3 resume o formato de um conjunto de dados gerado:

Tabela 3 – Banco de dados gerado pela extração de dados da planilha de resultados

Ponto	D(m)	linhasCruzadas	fotoObliquas	diferenteAltura
1	1,181989	0	0	0
2	0,674785	0	0	0
3	0,901157	0	0	0
4	0,494684	0	0	0
5	1,026311	0	0	0
...
280	0,188296	0	0	1
281	0,215503	0	0	1
282	0,016428	0	0	1
283	0,047196	0	0	1
284	0,019434	0	0	1

Diferentes técnicas de mineração serão aplicadas sobre os bancos de dados gerados, de forma a avaliar a influência que os atributos *linhasCruzadas*, *fotoObliquas* e *diferenteAltura* têm sobre as discrepâncias apresentadas, sendo assim tratadas como as variáveis a serem examinadas pela mineração de dados.

5.4.1. Árvore de decisão

Antes de aplicar o algoritmo árvore de decisão sobre os conjuntos de dados, as amostras foram ordenadas em relação à discrepância e foi realizada uma classificação das amostras para formar três grupos de mesmo tamanho amostral. Um terço das amostras que apresentaram as menores discrepâncias foram classificadas como “Bom”, um terço das amostras que apresentaram as maiores discrepâncias foram classificadas como “Ruim” e o terço restante foi classificado como “Médio”.

Cada conjunto de dados inteiro foi então utilizado como grupo de treino para o algoritmo árvore de decisão utilizado (não houve separação entre grupo de treino e teste), *DecisionTreeRegressor*, disponível na biblioteca *Scikit-learn* (PEDREGOSA et al., 2011). As árvores foram treinadas a separar as amostras de forma a maximizar a diferença da discrepância média, ao utilizar ou não cada uma das três variáveis restantes. Ao final do treinamento foram geradas quatro árvores de decisão.

Um fator de interesse do emprego da árvore de decisão é apresentar as relações caso a caso entre as variáveis, ou seja, considerada uma determinada variável, qual o impacto nos nós folha gerados quando ela é adotada ou não. Esta análise é realizada para cada variável, de forma que será possível visualizar todas as combinações entre as variáveis, e qual combinação gerou o melhor produto para cada campo.

Pelo motivo da árvore de decisão escolher a variável mais importante para a separabilidade dos nós folha, ela mostra as relações caso a caso entre cada variável, mas não mostra o impacto geral que uma determinada variável tem sobre o conjunto de dados inteiro, visto que em cada nó o algoritmo divide o conjunto amostral ao meio, e cada metade é então “encaminhada” para o próximo nó folha, onde esta divisão será feita novamente. De forma a avaliar o impacto geral de uma variável dado um banco de dados, foram empregadas as análises seguintes.

5.4.2. Análise de Distribuição de Frequências

Uma análise qualitativa de distribuição de discrepâncias por variável foi realizada utilizando os quatro conjuntos de dados. Primeiramente, as amostras contidas nos quatro conjuntos de dados foram ordenadas de acordo com a discrepância e divididas em cinco grupos de mesmo tamanho amostral, classificadas como “Ótimo”, “Bom”, “Médio”, “Ruim” e “Péssimo”, representando as amostras que apresentaram das menores às maiores discrepâncias, respectivamente.

Feita esta classificação das amostras nos quatro conjuntos de dados, foram contabilizadas as amostras de cada grupo de acordo com o uso de cada uma das três variáveis, contabilizando a frequência que cada variável aparece em cada um dos grupos.

5.4.3. Agrupamento Hierárquico Aglomerativo

Outra análise aplicada nos quatro *datasets* foi o uso do algoritmo de agrupamento hierárquico aglomerativo. Este algoritmo busca agrupar amostras a partir de crescentes similaridades, formando uma hierarquia de agrupamentos, desde grandes grupos em que pequenas similaridades são suficientes para agregar amostras em um mesmo grupo até grupos de pequenas amostras que compartilham de mais similaridades. Esta análise foi feita através do pacote Agnes da linguagem R, e para explorar as capacidades de exibição gráfica do programa, as coordenadas X e Y das amostras foram utilizadas para visualizar sua distribuição espacial e as discrepâncias tridimensionais apresentadas por cada ponto de checagem será plotada no eixo z.

O agrupamento hierárquico buscou agregar os dados em quatro grupos, implementando o método Ward (MURTAGH; LEGENDRE, 2014). Este método é interessante pois procura por agrupamentos em um espaço euclidiano de várias variáveis e é um dos únicos métodos de agrupamento hierárquico que é baseado no critério clássico da soma dos quadrados, produzindo grupos de baixa dispersão interna a cada fusão binária (MURTAGH; LEGENDRE, 2014). Na aplicação do algoritmo neste trabalho, foram consideradas as variáveis D (discrepância tridimensional), *linhasCruzadas*, *fotoObliquas* e *diferenteAltura*.

A partir desta análise foram produzidos gráficos com as distribuições dos pontos em cada campo, com a discrepância apresentada por cada um, juntamente com a classificação dos pontos em diferentes grupos a partir do agrupamento hierárquico, de forma a avaliar quais variáveis apareciam em maior frequência em cada grupo.

A análise de distribuição de discrepâncias e a aplicação do agrupamento hierárquico aglomerativo buscam mostrar o impacto geral que cada variável teve sobre todo o conjunto de dados.

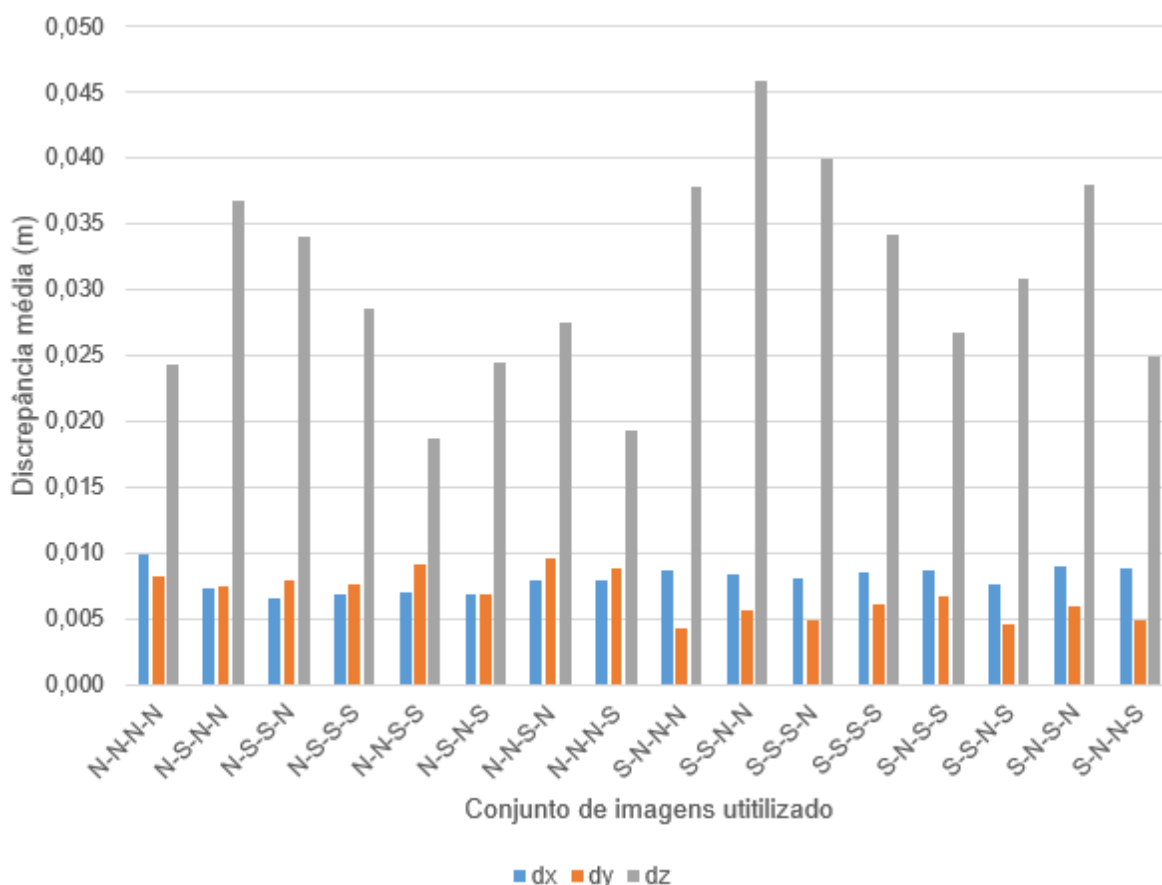
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Coordenadas 3D dos Produtos Gerados

Após o processamento do conjunto completo de 1502 imagens, foram produzidas 16 MDEs e 16 ortoimagens. As coordenadas X, Y e Z dos pontos de controle a partir de cada um destes produtos foram obtidas e suas discrepâncias calculadas em relação às coordenadas de referência obtidas a partir do posicionamento GNSS. As tabelas completas com todas as discrepâncias obtidas se encontram no Apêndice B. Os valores dos POI calculados para cada combinação se encontram no Apêndice C.

Na Figura 25 são mostradas as médias dos valores absolutos das discrepâncias em X, Y e Z dos dezesseis resultados obtidos. Os conjuntos de imagens utilizados que geraram cada resultado estão na ordem em que foram apresentados na Tabela 2.

Figura 25 - Gráfico das médias das discrepâncias



Fonte: Autor

Pode-se verificar a partir dos resultados apresentados na Figura 25 que as discrepâncias em coordenadas no eixo X se mostraram com pequenas variações, ficando abaixo de 1 pixel (1cm), tanto para um terreno plano, quanto para um terreno acidentado. Já para as discrepâncias no eixo Y, apresentaram em média, aproximadamente quase um 1 pixel para terreno plano, e foram menores para o terreno acidentado com meio pixel de incerteza.

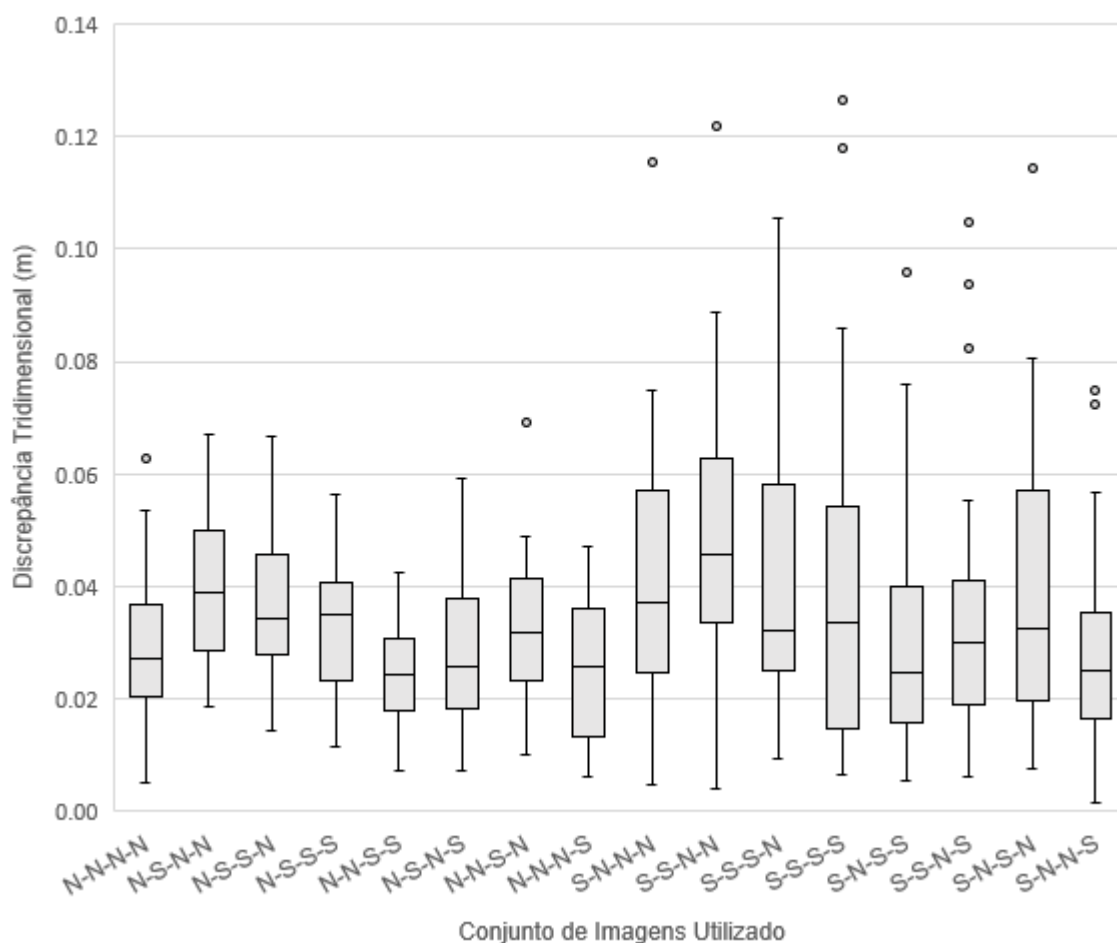
No eixo Z as discrepâncias foram em torno de 2cm para o terreno plano e em torno de 3cm para o terreno acidentado. Além disso, verifica-se também um padrão de comportamento semelhante nos dois casos, porém com maior magnitude para o terreno acidentado. Acredita-se que, por se tratar de uma grande variação de altitude dos pontos nesse campo (acidentado), tal fato influenciou demasiadamente a variação de escala com GSDs diferentes para o mesmo produto, produzindo assim tais resultados.

Outro resultado apresentado pela Figura 25 é, com o acréscimo de mais conjuntos de imagens, a discrepância média apresentada na coordenada Z aumenta. Isto provavelmente se deve pelo aumento do número de imagens no processamento, o que diminui as linhas de base entre uma imagem e outra, o que dificulta para o programa o cálculo da componente Z dos pontos de checagem. Isto mostra que para levantamentos com alto recobrimento, aumentar o número de imagens não necessariamente implica num melhor resultado (KRAUS, 1993).

Ainda analisando os dados da Figura 25, verifica-se que das abordagens propostas, os melhores resultados encontrados, considerando as três coordenadas (X, Y e Z), apontaram que as estratégias de variação de altitude da plataforma e visada oblíqua foram as que mais influenciaram na diminuição das discrepâncias.

A Figura 26 apresenta os *boxplots* das discrepâncias tridimensionais de cada um dos dezesseis conjuntos de resultados.

Figura 26 - *Boxplot* das discrepâncias tridimensionais dos resultados do primeiro processamento

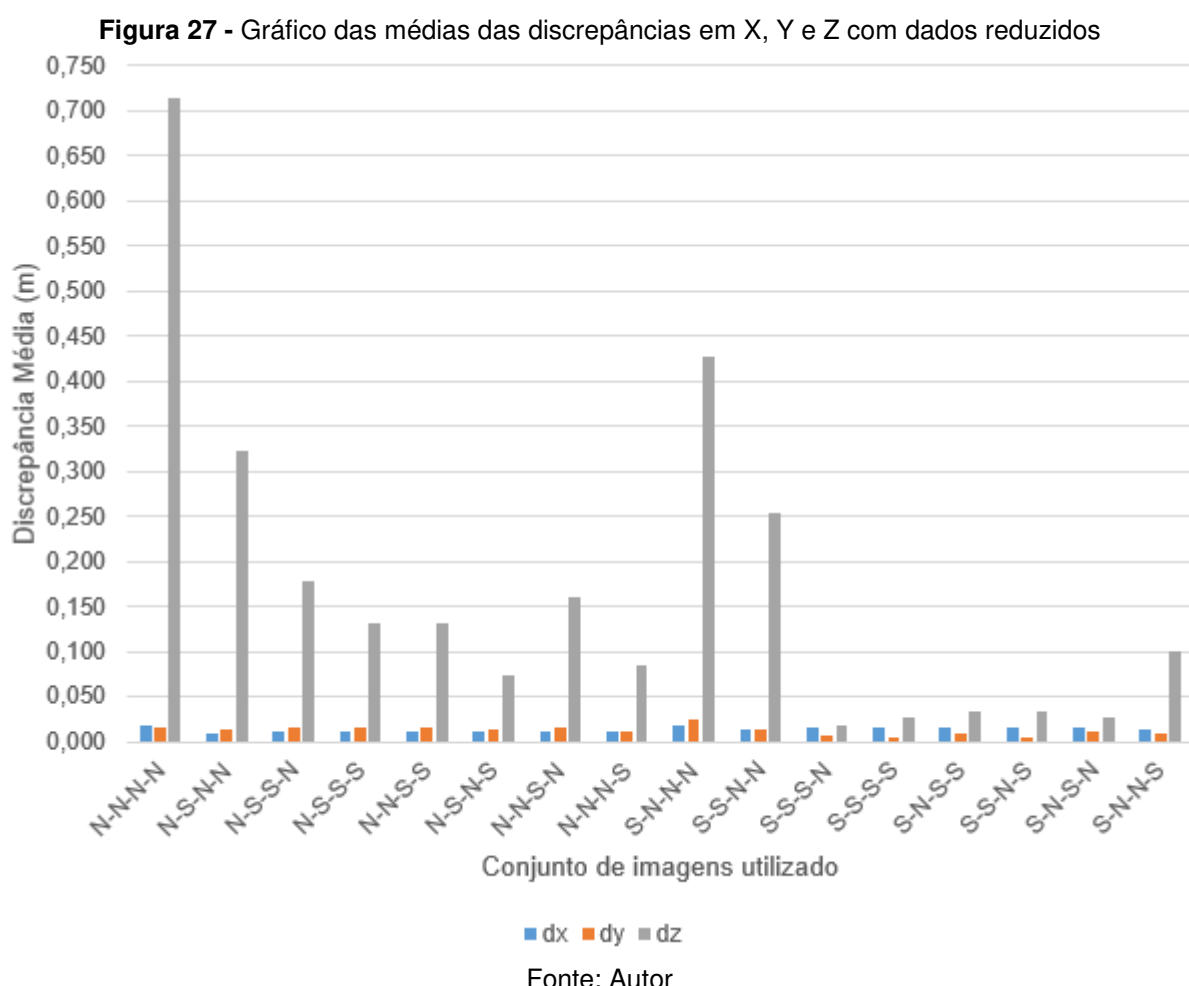


Os resultados apresentados pelo primeiro processamento foram bastante similares entre os produtos gerados, como mostra a Figura 26, de modo que a variância da discrepância tridimensional apresentada por cada conjunto de pontos de checagem se sobrepõe, tornando difícil apontar o conjunto de imagens que gerou o melhor resultado. Mesmo se somente a média for utilizada como comparativo, a maioria dos produtos apresentaram valores próximos, variando entre 0,02m e 0,04m.

Para determinar se os resultados apresentavam uma diferença estatística significativa entre si, foi utilizado o Teste U de Mann–Whitney (MANN; WHITNEY, 1947), pois as discrepâncias apresentadas pelas amostras não seguem a distribuição normal, a 5% de significância. Foram feitas comparações par a par entre os resultados N-N-N-N, N-S-N-N, N-N-S-N, N-N-N-S, S-N-N-N, S-S-N-N, S-N-S-N e S-N-N-S, de modo a comparar os resultados em que não houve combinações de uso entre diferentes conjuntos de imagens. Isto foi feito para os dois processamentos.

Os resultados apresentados na Figura 26 apresentaram uma diferença significativa estatisticamente entre si, com exceção dos resultados entre N-N-N-N e N-N-S-N, entre N-N-N-N e N-N-N-S, entre S-S-N-N e S-N-S-N, entre S-N-N-N e S-N-S-N e entre S-N-N-N e S-S-N-N.

A fim de avaliar um conjunto de dados com controle de campo e número reduzido de fotos, foi realizada uma nova série de processamentos com um conjunto de imagens cuja quantidade é 85% menor e, utilizando apenas 3 dos 7 pontos de controle. As tabelas completas com as discrepâncias dos pontos se encontram no Apêndice B. Na Figura 27 são apresentadas as discrepâncias em X, Y e Z médias em valor absoluto dos pontos de checagem de cada conjunto de resultados.



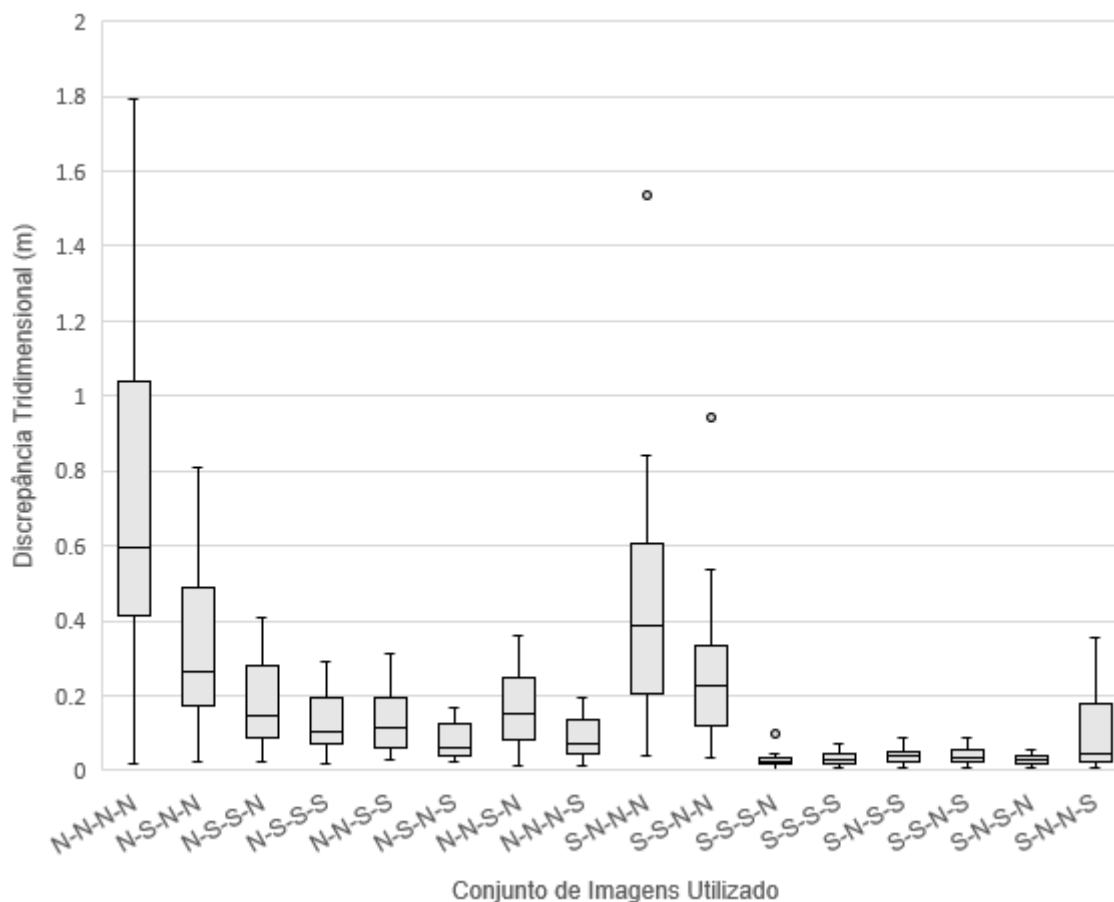
A Figura 27 ilustra que as discrepâncias planimétricas também foram melhores que as altimétricas, como no caso do primeiro processamento (sem a redução de dados), porém em maior magnitude, apresentando uma incerteza em torno de 1,5 pixel no eixo X e 1 pixel no eixo Y.

Ao analisar as discrepâncias no eixo Z para as combinações que não possuem estratégia de quebra de correlação dos parâmetros, os valores obtidos passam de 70cm no terreno plano e de 40cm no terreno acidentado. Tais valores foram bem maiores do que os obtidos no primeiro processamento.

Já as incertezas no campo acidentado foram menores do que no campo plano, o que indica que para um conjunto com menor quantidade de dados, o campo com a variação de altitude no terreno já contribui intrinsecamente na quebra de correlação, como já sabido pela literatura. Para as outras combinações, incluindo as estratégias propostas, houve uma diferença maior nas discrepâncias apresentadas nos resultados do segundo processamento, comparados com o primeiro.

No caso do terreno plano, as estratégias que mais influenciaram na melhora dos resultados foram as abordagens de variação de altura de voo e visada oblíqua, como nos casos anteriores. Já para o terreno acidentado, todas as estratégias apresentaram melhoras significativas sobre as discrepâncias, exceto para a variação de altura de voo, o que pode estar relacionado ao fato do terreno já possuir uma variação de altitude nos pontos, e assim, essa estratégia é mais significativa para terrenos planos, com um conjunto menor de dados.

A Figura 28 mostra o *boxplot* das discrepâncias tridimensionais dos 16 conjuntos de resultados.

Figura 28 - Boxplot das discrepâncias tridimensionais dos resultados do segundo processamento

Fonte: Autor

Analisando a Figura 28, os produtos do segundo processamento apresentaram resultados mais distintos em relação ao que foi apresentado pelo primeiro processamento, com a variância da discrepância tridimensional diferente o suficiente para distinguir o desempenho de parte dos produtos gerados. A combinação de imagens que apresentou a menor mediana de discrepância tridimensional no campo sem diferença altimétrica (campo AGRO) foi a combinação N-S-N-S e para o campo com variação altimétrica (campo EFI) a combinação que apresentou a menor mediana foi S-S-S-N.

Os produtos gerados a partir apenas do conjunto base de imagens foram os que apresentaram as maiores discrepâncias tridimensionais médias, sendo que o produto gerado a partir do levantamento do campo plano (AGRO), aquele que apresentou a maior discrepância tridimensional média.

Dentre os outros produtos, houve variâncias similares, mas destaca-se os produtos gerados a partir do campo com variação altimétrica (EFI) e que utilizaram

imagens oblíquas e/ou imagens de linhas de voo de diferentes alturas. Estes produtos apresentaram a menor variância e a menor mediana.

Foi aplicado o Teste U de Mann–Whitney a 5% de significância entre os resultados do segundo processamento e todos os pares apresentaram diferença estatística significativa.

A fim de avaliar como cada conjunto de imagens impactou na precisão da obtenção das coordenadas de alguns pontos de controle no segundo processamento, quatro pontos de controle foram escolhidos, os quais apresentaram a maior discrepância tridimensional em cada um dos campos na combinação com o menor conjunto de imagens (N-N-N-N e S-N-N-N), respectivamente. As discrepâncias apresentadas foram comparadas aos valores quando cada um dos diferentes conjuntos de imagens eram incluídos no processamento. Os valores obtidos são apresentados nas Tabela 4 e 5.

Tabela 4 - Discrepâncias tridimensionais em metros obtidas no campo AGRO

Ponto	Conjunto Base(m)	Linhas Cruzadas(m)	Foto Obliqua(m)	Dif. Altura(m)
PC05	1,496	0,672(-55,8%)	0,361(-75,9%)	0,171(-88,6%)
PC10	1,406	0,623(-55,6%)	0,303(-78,4%)	0,155(-89,0%)
PC11	1,793	0,807(-55,0%)	0,304(-83,0%)	0,186(-89,6%)
PC31	1,422	0,646(-54,6%)	0,283(-80,0%)	0,197(-86,1%)

Tabela 5 - Discrepâncias tridimensionais em metros obtidas no campo EFI

Ponto	Conjunto Base(m)	Linhas Cruzadas(m)	Foto Obliqua(m)	Dif. Altura(m)
PC09	1,537	0,941(-38,8%)	0,042(-97,3%)	0,355(-76,9%)
PC24	0,825	0,450(-45,5%)	0,097(-88,2%)	0,026(-96,8%)
PC26	0,787	0,507(-35,5%)	0,028(-96,4%)	0,240(-69,5%)
PC32	0,841	0,490(-41,7%)	0,024(-97,1%)	0,110(-86,9%)

Observa-se que no campo AGRO, o conjunto de imagens de linhas de voo de diferentes alturas foi o que causou a maior diminuição da discrepância tridimensional dos pontos avaliados, enquanto no campo EFI o conjunto de imagens oblíquas resultou na maior diminuição das discrepâncias.

A inclusão de imagens oblíquas no processamento dos dados resultou em redução das discrepâncias tridimensionais, mas exatamente qual angulação utilizar é um parâmetro que não foi explorado neste trabalho. Foi utilizado neste trabalho uma função do planejamento de voo de um aplicativo (*DroneDeploy*) que permite ao

usuário capturar imagens oblíquas à medida que a RPA circunda a área de levantamento, como mostram as Figuras 29 e 30.

Figura 29 – Exemplo 1 de uma imagem oblíqua capturada para o trabalho



Fonte: Autor

Figura 30 – Exemplo 2 de uma imagem oblíqua capturada para o trabalho



Fonte: Autor

A maioria das fotos oblíquas foi tomada com um ângulo de 45° em relação ao nadir, mas podendo variar entre 37° e 52° em alguns casos. Esta angulação muda dependendo da posição da RPA em relação aos eixos centrais da área levantada, de forma que sempre aponta para o eixo central. Diferentes angulações em relação ao nadir poderiam ser exploradas para avaliar qual forneceria maior influência no levantamento.

Nos levantamentos realizados no presente estudo foi possível a obtenção de imagens oblíquas utilizando linhas de voo contornando a área de levantamento devido às dimensões trabalhadas, porém vale salientar que, normalmente as áreas levantadas com RPA não são tão extensas comparadas a áreas de levantamentos aéreos convencionais, devido aos problemas de autonomia de funcionamento da plataforma.

Outro ponto importante a ser destacado ao comparar os resultados dos dois processamentos é que, apesar de utilizar apenas 15% do conjunto total de imagens, alguns dos produtos gerados pelo segundo processamento alcançaram um nível de qualidade próximo aos produtos do primeiro processamento, mais especificamente

aqueles obtidos a partir das imagens levantadas do campo EFI e que fizeram uso de imagens oblíquas e/ou imagens de linhas de voo de diferentes altitudes.

Isto demonstra um efeito prático da aplicação dos procedimentos de levantamento estudados, pois com a sua utilização, pode-se aumentar a eficiência do processamento, pois os produtos gerados no segundo processamento utilizaram uma quantidade muito menor de imagens, 1,7GB de imagens totais em comparação com os 10,8GB do primeiro processamento, diminuindo os cálculos computacionais demandados pelo computador para realizar o processamento, em especial a memória RAM. Além disso, a rapidez do processamento aumenta consideravelmente, pois um processamento com o conjunto completo de imagens para gerar uma ortoimagem e um MDE demandou um dia inteiro, enquanto que na segunda rodada de processamentos, com o número reduzido de imagens, cada par de ortoimagem e MDE demandou menos de uma hora para serem gerados.

6.1.1. Efeito de “Borramento” nas Ortoimagens

Vale ressaltar que a estratégia com linhas de voo em diferentes alturas, apesar de ser um dos procedimentos que mais aprimorou a qualidade dos produtos finais, as diferentes resoluções espaciais geraram um efeito adverso na ortoimagem que pode impactar na identificação de feições. Ao fazer uso de linhas de voo em diferentes alturas, ao gerar a ortoimagem, o programa mescla os dois conjuntos de imagens. Isso causa “borrões” na ortoimagem, o que pode vir a ser um problema caso seja necessário extrair feições com maior nível de detalhe.

Neste trabalho, houve certa dificuldade em alguns casos no processo de identificação do centro dos alvos dos pontos de checagem. Um exemplo do efeito mencionado se encontra na Figura 31.

Figura 31 - Efeito causado na ortoimagem pelo uso de imagens de linhas de voo de diferentes alturas



Fonte: Autor

6.2. Aplicação dos POI

De forma a verificar se o produto que apresentou o pior resultado (N-N-N-N), dentre aqueles gerados no segundo processamento, apresentaria resultados melhores utilizando os valores dos POI como conhecidos, advindos do produto que obteve os melhores resultados (S-S-S-N), em termos de discrepâncias, um novo processamento foi realizado. Isto foi feito configurando a câmara no programa *MetaShape* como pré-calibrada e definindo os POI como fixos.

O relatório de processamento dos produtos gerados a partir da combinação de imagens N-N-N-N mostra um erro total de 82,8cm do modelo digital. Através deste conjunto de imagens, os POI calculados estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação **N-N-N-N**

	Valor	Erro	F	K1	K2	K3	P1	P2
F	3319,76	33	1,00	0,36	-0,97	0,99	0,43	-0,85
K1	0,00752253	0,00026		1,00	-0,42	0,41	-0,29	-0,20
K2	-0,0149128	0,00062			1,00	-0,99	-0,41	0,82
K3	0,0132417	0,00081				1,00	0,42	-0,84
P1	0,000270772	7,5E-06					1,00	-0,44
P2	-0,000961191	0,000011						1,00

Já o processamento utilizando a combinação de imagens S-S-S-N produziu um modelo digital com um erro total de 2,3cm, o menor dentre as combinações testadas. Os POI calculados por este processamento se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação **S-S-S-N**

	Valor	Erro	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	3666,18	0,12	1,00	0,04	-0,46	-0,23	0,18	0,02	0,07	-0,05	0,05	0,01
Cx	-2,55279	0,051		1,00	-0,04	-0,28	-0,21	0,00	0,01	0,00	0,48	-0,04
Cy	16,2636	0,062			1,00	0,35	-0,34	0,01	0,00	0,00	0,00	0,26
B1	-0,0607685	0,0043				1,00	-0,06	0,05	-0,07	0,07	-0,09	0,04
B2	0,348997	0,0041					1,00	0,00	-0,01	0,01	-0,05	-0,02
K1	0,00535128	0,000041						1,00	-0,92	0,87	0,02	-0,01
K2	-0,0211503	0,00013							1,00	-0,98	0,00	0,01
K3	0,0234972	0,00014								1,00	0,00	-0,01
P1	0,000276014	2,5E-06									1,00	0,00
P2	-0,00115513	2,2E-06										1,00

Para verificar se a utilização dos valores dos POI apresentados pela Tabela XX melhoraria o resultado apresentado pela combinação N-N-N-N, o processamento foi feito, mas desta vez a câmara foi definida como pré-calibrada e foram utilizados os valores calculados pelo processamento S-S-S-N. Como resultado, o erro total do modelo digital gerado que apresentava 82,8cm passou a ter um erro de 10,8cm, valor este calculado pelo próprio programa a partir do modelo tridimensional gerado.

O resultado desse procedimento foi interessante pois aponta para uma aplicação prática. Este procedimento pode ser empregado em levantamentos utilizando linhas de voo de diferentes alturas, pois estes levantamentos geram ortoimagens a partir de imagens com diferentes resoluções espaciais do terreno. Para evitar que isto ocorra, pode-se realizar o processo de calibração e obtenção dos POI

com o conjunto completo de imagens e então repetir o processamento, mas desta vez com as imagens provenientes de linhas de voo de mesma altura e utilizando os valores dos POI calculados a partir do conjunto completo de imagens.

No entanto, como apontado por Pessoa (2017), não é recomendado o uso de valores POI obtidos por calibração em serviço em um diferente levantamento, pois a câmara digital a bordo de uma RPA não é estável e o valor dos POI muda com o tempo e o uso. Desta forma, os POI calculados pela calibração em serviço de um levantamento devem ser utilizados apenas para ele, sendo que num próximo levantamento a calibração deve ser refeita.

6.3. Avaliação de Acurácia Posicional

Para os resultados do primeiro processamento (considerando a base de dados sem redução de fotos e pontos de controle) foi avaliado se os produtos gerados alcançaram classificação Classe A tanto para uma escala igual ou maior a 1:100 para planimetria e para equidistância de curva de nível igual ou menor a 0,5m. Os resultados das avaliações se encontram na Tabela 8.

Tabela 8 – Tabela de produtos aprovados para Classe A

Resultado	Classe A 1:100	Classe A Equidistância 0,5m
N-N-N-N	Sim	Sim
N-S-N-N	Sim	Sim
N-S-S-N	Sim	Sim
N-S-S-S	Sim	Sim
N-N-S-S	Sim	Sim
N-S-N-S	Sim	Sim
N-N-S-N	Sim	Sim
N-N-N-S	Sim	Sim
S-N-N-N	Sim	Sim
S-S-N-N	Sim	Sim
S-S-S-N	Sim	Sim
S-S-S-S	Sim	Sim
S-N-S-S	Sim	Sim
S-S-N-S	Sim	Sim
S-N-S-N	Sim	Sim
S-N-N-S	Sim	Sim

Foi testado também qual a maior escala e a menor equidistância que cada produto alcançou para se manter como Classe A. Os valores alcançados pelos produtos se encontram na Tabela 9.

Tabela 9 - Maior escala e menor equidistância como Classe A

Resultado	Escala 1/...	Equidistância Curva de nível (m)
N-N-N-N	90	0,20
N-S-N-N	78	0,25
N-S-S-N	75	0,25
N-S-S-S	80	0,20
N-N-S-S	86	0,15
N-S-N-S	74	0,20
N-N-S-N	88	0,20
N-N-N-S	88	0,15
S-N-N-N	69	0,30
S-S-N-N	71	0,35
S-S-S-N	68	0,35
S-S-S-S	77	0,30
S-N-S-S	75	0,25
S-S-N-S	67	0,25
S-N-S-N	74	0,30
S-N-N-S	71	0,25

Os produtos gerados pelo primeiro processamento alcançaram um nível de qualidade semelhante segundo os critérios do Decreto 89.817/ET-CQDG. O mesmo processo foi aplicado sobre os produtos gerados no segundo processamento, e os resultados obtidos foram mais distintos. Foi verificado se os produtos avaliados alcançaram uma classificação Classe A em planimetria para as escalas 1:200, 1:150 e 1:100. Os resultados se encontram na Tabela 10.

Tabela 10 - Tabela de produtos aprovados para Classe A em planimetria

Resultado	Classe A 1:200	Classe A 1:150	Classe A 1:100
N-N-N-N	Sim	Não	Não
N-S-N-N	Sim	Sim	Não
N-S-S-N	Sim	Não	Não
N-S-S-S	Sim	Sim	Não
N-N-S-S	Sim	Sim	Não
N-S-N-S	Sim	Sim	Não
N-N-S-N	Sim	Sim	Não
N-N-N-S	Sim	Sim	Não
S-N-N-N	Não	Não	Não
S-S-N-N	Sim	Não	Não
S-S-S-N	Sim	Sim	Não
S-S-S-S	Sim	Sim	Não
S-N-S-S	Sim	Sim	Não
S-S-N-S	Sim	Sim	Não
S-N-S-N	Sim	Sim	Não
S-N-N-S	Sim	Sim	Não

Como pode ser observado, nenhum dos produtos do segundo processamento alcançou o mesmo nível de qualidade dos produtos do primeiro processamento em planimetria. Na altimetria houve maiores disparidades entre os resultados, pois os produtos foram avaliados se alcançaram uma classificação Classe A para as equidistâncias de 5m, 2m, 1m e 0,5m. Os resultados se encontram na Tabela 11.

Tabela 11 - Tabela de produtos aprovados para Classe A em altimetria

Resultado	Classe A Eq. 5m	Classe A Eq. 2m	Classe A Eq. 1m	Classe A Eq. 0,5m
N-N-N-N	Não	Não	Não	Não
N-S-N-N	Sim	Não	Não	Não
N-S-S-N	Sim	Sim	Não	Não
N-S-S-S	Sim	Sim	Sim	Não
N-N-S-S	Sim	Sim	Sim	Não
N-S-N-S	Sim	Sim	Sim	Não
N-N-S-N	Sim	Sim	Não	Não
N-N-N-S	Sim	Sim	Sim	Não
S-N-N-N	Sim	Não	Não	Não
S-S-N-N	Sim	Sim	Não	Não
S-S-S-N	Sim	Sim	Sim	Sim
S-S-S-S	Sim	Sim	Sim	Sim
S-N-S-S	Sim	Sim	Sim	Sim
S-S-N-S	Sim	Sim	Sim	Sim
S-N-S-N	Sim	Sim	Sim	Sim
S-N-N-S	Sim	Sim	Sim	Não

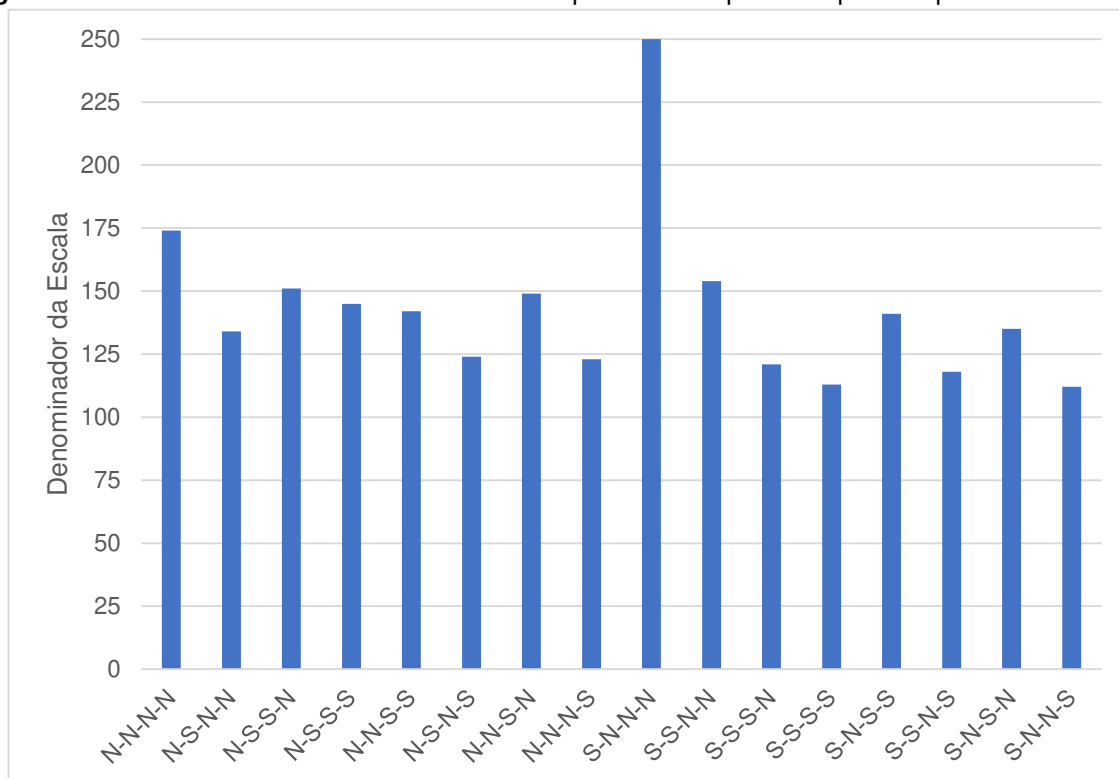
Como anteriormente, foi testado também qual a maior escala e a menor equidistância que cada produto alcançou que ainda poderia ser classificado como Classe A. Os valores alcançados pelos produtos se encontram na Tabela 12.

Tabela 12 - Resultados do GeoPEC para o segundo processamento

Resultado	Escala 1/...	Equidistância Curva de nível (m)
N-N-N-N	174	5,30
N-S-N-N	134	2,40
N-S-S-N	151	1,30
N-S-S-S	145	0,95
N-N-S-S	142	0,95
N-S-N-S	124	0,55
N-N-S-N	149	1,15
N-N-N-S	123	0,65
S-N-N-N	250	3,15
S-S-N-N	154	1,90
S-S-S-N	121	0,15
S-S-S-S	113	0,25
S-N-S-S	141	0,30
S-S-N-S	118	0,30
S-N-S-N	135	0,30
S-N-N-S	112	0,90

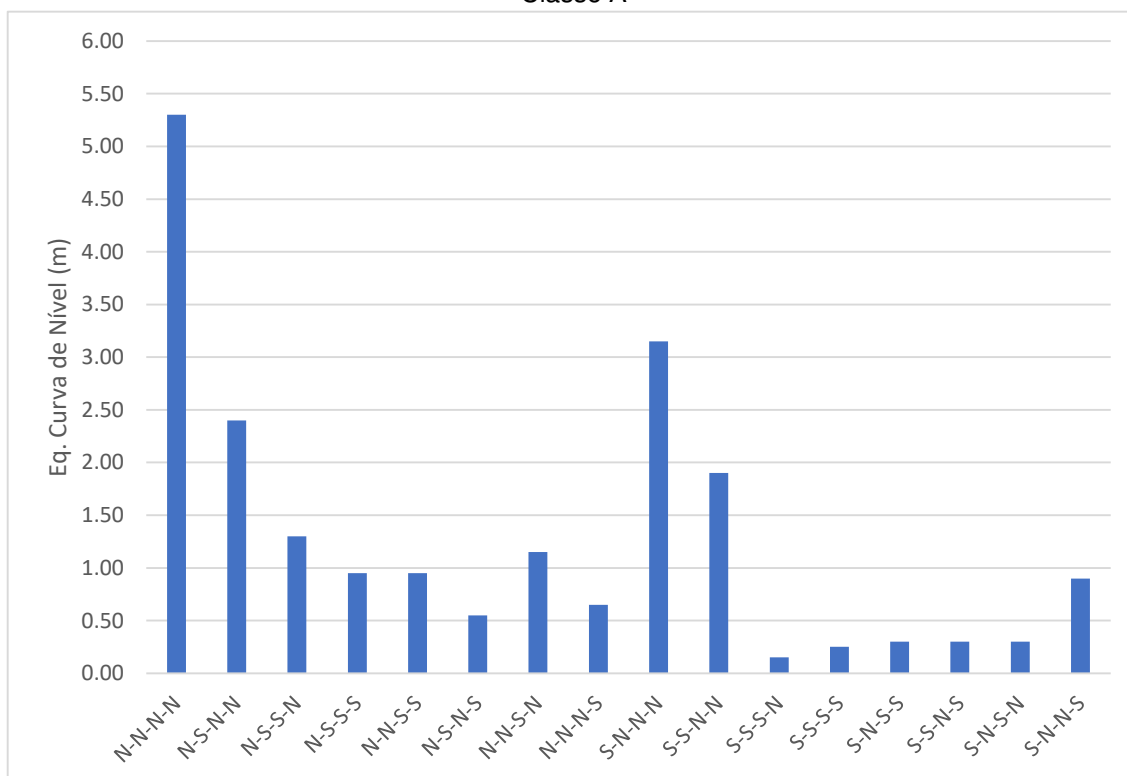
As Figuras 32 e 33 ilustram os dados apresentados na Tabela 12.

Figura 32 - Gráfico dos menores denominadores apresentados por cada produto para obter Classe A



Fonte: Autor

Figura 33 - Gráfico da equidistância de curva de nível apresentada por cada produto para obter Classe A



Fonte: Autor

Como era esperado a partir dos resultados obtidos do primeiro processamento, que apresentaram discrepâncias médias semelhantes, a acurácia posicional dos produtos gerados demonstrou que existe semelhança na qualidade tanto para a planimetria quanto na altimetria.

Já no segundo processamento, foi possível observar uma diferença mais evidente entre os diferentes produtos, como mostram as Tabelas 10, 11 e 12. Na planimetria, os produtos gerados no campo EFI alcançaram um resultado um pouco melhor que os gerados no campo AGRO, sendo que o melhor produto do campo EFI alcançou Classe A numa escala 1:112, enquanto o melhor produto do campo AGRO obteve escala 1:123. Ambos os produtos alcançaram estes resultados ao combinar imagens de linhas de voo de diferentes alturas. No entanto, o produto de pior qualidade foi gerado no campo EFI, ao se utilizar apenas o conjunto de imagens das linhas de voo longitudinais.

Na análise altimétrica, com exceção da combinação de imagens de linhas de voo de diferentes alturas, ao se comparar os produtos gerados pelas mesmas combinações de imagens, todos aqueles gerados para o campo EFI apresentaram melhores resultados. O melhor produto gerado no campo AGRO foi avaliado como Classe A para equidistância de curva de nível de 0,55m, isto utilizando uma combinação de imagens de linhas de voo cruzadas e de diferentes alturas. Já o campo EFI resultou em um produto Classe A com equidistância de curva de nível de 0,15m utilizando imagens de linhas de voo cruzadas e imagens oblíquas.

Ressalta-se que nenhum dos produtos do segundo processamento alcançou o mesmo nível de qualidade dos produtos do primeiro processamento, sendo que nenhum deles alcançou Classe A para uma escala maior que 1:100 em planimetria. No entanto, na altimetria houve produtos do segundo processamento que alcançaram uma qualidade tão alta quanto produtos do primeiro, com produtos alcançando Classe A para uma equidistância de curva de nível entre 0,15m e 0,30m. Os produtos que alcançaram estes resultados foram todos gerados a partir de imagens coletadas do campo com diferença altimétrica (campo EFI) e que foram utilizados os conjuntos de imagens oblíquas ou conjuntos de imagens de linhas de voo de diferentes alturas em combinação aos conjuntos de imagens tomadas com linhas de voo cruzadas.

6.4. Mineração de Dados

A ferramenta de mineração de dados foi utilizada a fim de determinar qual das três variáveis, *linhasCruzadas*, *fotoObliqua* ou *diferenteAltura*, apresentou-se como mais influente na melhora dos produtos finais.

Antes de aplicar as técnicas de mineração foi realizada uma comparação prévia do desempenho de cada uma das variáveis. Foram obtidas as médias e as medianas das discrepâncias tridimensionais para os grupos amostrais em que uma determinada variável não foi empregada (no banco de dados a variável tinha valor “0”) e quando ela foi empregada (variável com valor “1”). Tal processo foi feito tanto para os dois campos quanto para os dois processamentos realizados. Os resultados do primeiro processamento se encontram na Tabela 13.

Tabela 13 - Médias e medianas das discrepâncias posicionais obtidas nos produtos gerados de cada variável apresentadas no primeiro processamento

Campo	Variável	Média "0" (m)	Média "1" (m)	Mediana "0" (m)	Mediana "1" (m)
AGRO	<i>linhasCruzadas</i>	0,028	0,034	0,026	0,034
	<i>fotoObliqua</i>	0,031	0,032	0,030	0,030
	<i>diferenteAltura</i>	0,034	0,028	0,032	0,026
EFI	<i>linhasCruzadas</i>	0,035	0,041	0,030	0,035
	<i>fotoObliqua</i>	0,038	0,038	0,034	0,032
	<i>diferenteAltura</i>	0,043	0,033	0,037	0,027

No primeiro processamento os produtos gerados apresentaram uma qualidade muito semelhante, e isto se reflete nesta comparação entre as variáveis, apresentando um resultado próximo na média e mediana quanto ao seu uso ou não. Apenas para a variável *linhasCruzadas*, ao ser utilizada no processamento, que houve um aumento tanto da média quanto da mediana das discrepâncias. A única variável que apresentou diminuição na discrepância média e mediana nos dois campos foi *diferenteAltura*.

Já no segundo processamento, com produtos que apresentaram níveis de qualidade mais distintos, foi possível também observar uma influência mais evidente de uso ou não de cada variável, como apresenta a Tabela 14.

Tabela 14 - Médias e medianas das discrepâncias posicionais obtidas nos produtos gerados de cada variável apresentadas no segundo processamento

Campo	Variável	Média "0" (m)	Média "1" (m)	Mediana "0" (m)	Mediana "1" (m)
AGRO	<i>linhasCruzadas</i>	0,276	0,179	0,142	0,132
	<i>fotoObliqua</i>	0,301	0,153	0,145	0,129
	<i>diferenteAltura</i>	0,346	0,109	0,257	0,092
EFI	<i>linhasCruzadas</i>	0,153	0,090	0,047	0,035
	<i>fotoObliqua</i>	0,208	0,035	0,124	0,029
	<i>diferenteAltura</i>	0,188	0,056	0,056	0,036

Analisando estes resultados, observa-se que houve uma diminuição da discrepância em todos os casos em que uma variável foi empregada, no entanto o impacto diferiu entre as variáveis. Para o campo EFI, a variável de maior impacto foi *fotoObliqua*, que diminuiu de forma significativa a discrepância média e mediana caso fosse empregada. Já no campo AGRO, a variável de maior impacto foi *diferenteAltura*. A variável *linhasCruzadas* apresentou o menor impacto nos dois campos.

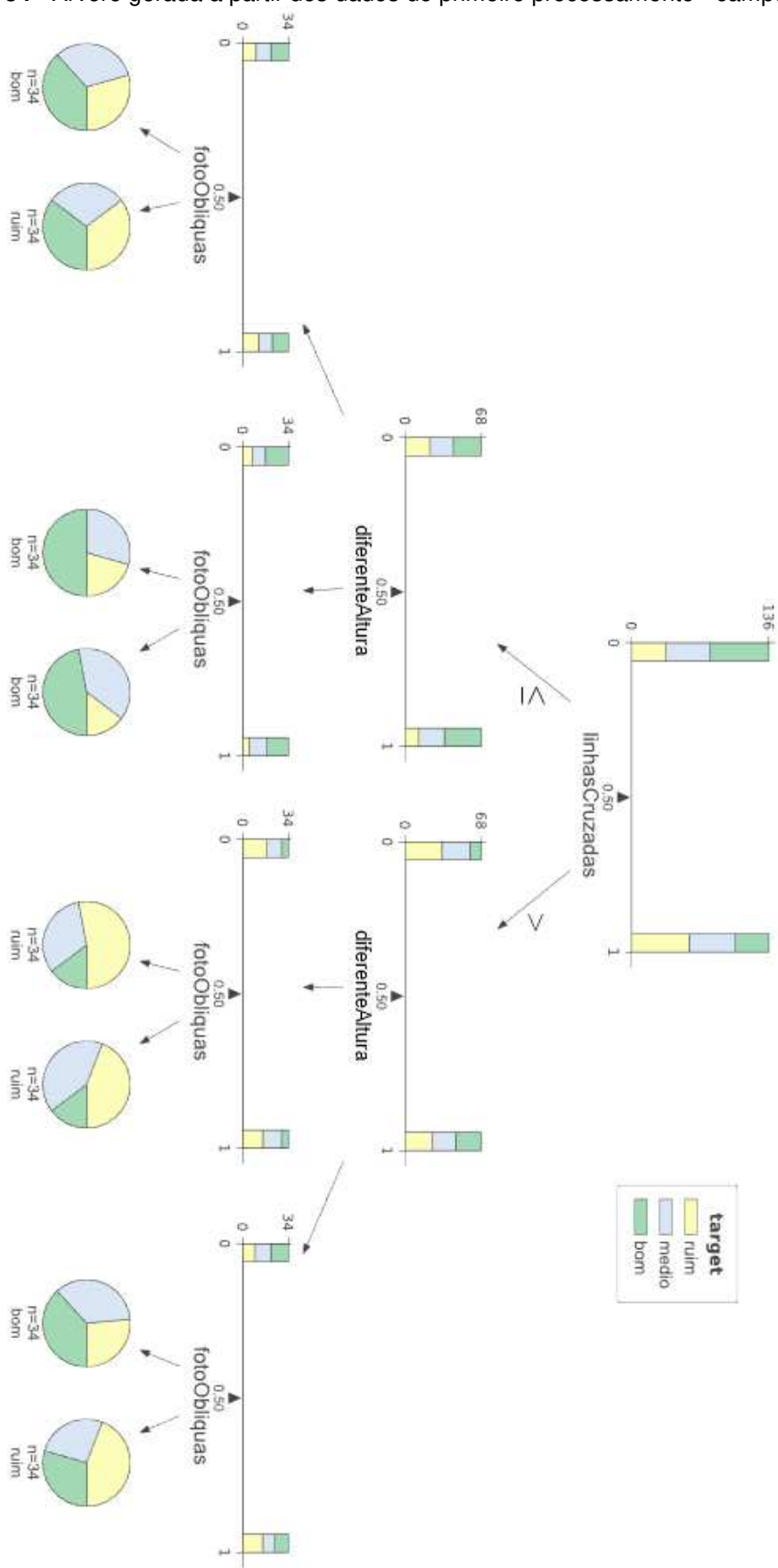
A mediana também foi utilizada por mitigar o efeito da presença de possíveis *outliers* no grupo amostral. Em alguns casos há uma diferença entre a média e a mediana, mas ambas se comportam de maneira semelhante quando uma variável é utilizada ou não.

A fim de ainda analisar o impacto do uso destas variáveis nos produtos gerados, foram empregadas técnicas de mineração de dados, como a árvore de decisão, análise de distribuição de frequências e agrupamento hierárquico aglomerativo.

6.4.1. Árvore de Decisão

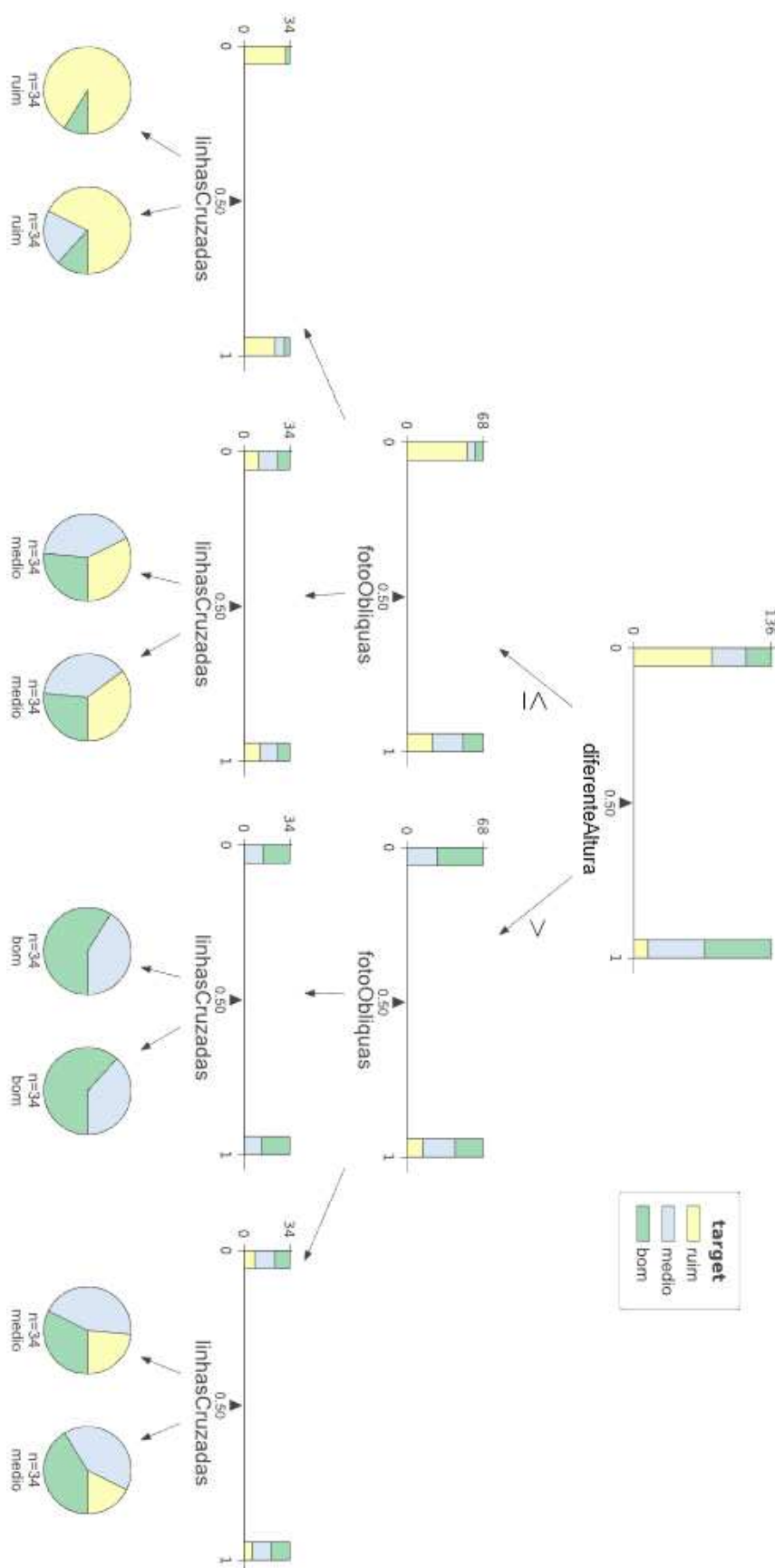
Após a classificação das amostras dos quatro *datasets*, o algoritmo árvore de decisão buscou separar as amostras em cada nó de forma a maximizar as discrepâncias médias dos nós folha. As árvores geradas se encontram nas Figuras 34, 35, 36 e 37.

Figura 34 - Árvore gerada a partir dos dados do primeiro processamento - campo AGRO



Fonte: Autor

Figura 36 - Árvore gerada a partir dos dados do segundo processamento - campo AGRO



Fonte: Autor

A separação das amostras pelas árvores é interessante pois o algoritmo apresenta a ordem na qual as variáveis influenciam mais nesta separação, sendo a primeira variável escolhida aquela que melhor divide as amostras por discrepância, ou seja, indica a que mais impactou na qualidade dos produtos gerados. A última variável utilizada para gerar os nós folha indica a que gerou o menor impacto.

Uma boa parte dos nós folha das árvores geradas a partir dos dados do primeiro processamento apresentaram uma quantidade semelhante de amostras pertencentes aos três grupos, apresentando diferenças pouco significativas em suas composições. Isto era esperado pois os resultados apresentados pela combinação de diferentes conjuntos de imagens do primeiro processamento foram homogêneos, com uma diferença muito pequena na média da discrepância apresentada pelo pior e melhor produto, de forma que ao aplicar o algoritmo, o mesmo teve dificuldades em separar estas amostras.

Foi aplicado o Teste U a 5% de significância entre cada nó folha e os resultados se houve ou não diferença significativa entre cada nó se encontram nas Tabelas 15 e 16. As Tabelas 15 e 16 utilizaram o mesmo sistema de nomenclatura de combinações de imagens da Tabela 2.

Tabela 15 - Resultados do teste de significância para o campo AGRO

Campo AGRO							
	N-N-S	N-S-N	N-S-S	S-N-N	S-N-S	S-S-N	S-S-S
N-N-N	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não
N-N-S		Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim
N-S-N			Sim	Sim	Não	Não	Não
N-S-S				Sim	Não	Sim	Sim
S-N-N					Sim	Sim	Sim
S-N-S						Sim	Não
S-S-N							Não

Tabela 16 - Resultados dos testes de significância para o campo EFI

Campo EFI							
	N-N-S	N-S-N	N-S-S	S-N-N	S-N-S	S-S-N	S-S-S
N-N-N	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
N-N-S		Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
N-S-N			Não	Sim	Não	Sim	Não
N-S-S				Sim	Não	Sim	Não
S-N-N					Sim	Não	Sim
S-N-S						Não	Não
S-S-N							Não

Já as árvores geradas a partir dos resultados do segundo processamento foram capazes de separar melhor as amostras, gerando nós folha que mostram de forma mais clara quais variáveis permitiram alcançar os melhores resultados.

Analisando a árvore do campo AGRO (Figura 36), percebe-se que a combinação de variáveis que permitiu alcançar os melhores resultados foi o uso da variável *diferenteAltura* combinada ao não uso da variável *fotoObliqua*. Esta combinação gerou nós folha com predominância de amostras do grupo “Bom” e nenhuma do grupo “Ruim”, sendo que o uso ou não da variável *linhasCruzadas* pouco influenciou.

Observando o posicionamento de cada variável na árvore, a variável *diferenteAltura* foi a que melhor dividiu as amostras, ou seja, o seu uso foi o que causou um maior impacto na qualidade destas, seguida da variável *fotoObliqua* e por último a variável *linhasCruzadas*, que em todos os casos pouco influenciou na separação das amostras.

O uso das 3 variáveis em conjunto não foi a opção que conferiu o melhor resultado, sendo o melhor resultado obtido ao utilizar as variáveis *diferenteAltura* e *linhasCruzadas*, sendo que esta última acrescentou uma ligeira melhora. Apesar da variável *diferenteAltura* ter apresentado o melhor desempenho entre todas as variáveis, a sua combinação com a variável *fotoObliqua* resultou em um ganho ligeiramente melhor do que o uso da variável *fotoObliqua* sozinha, e o uso da variável *diferenteAltura* sozinha apresentou um resultado melhor do que combinar *diferenteAltura* com *fotoObliqua*.

Já na árvore de decisão gerada a partir dos dados do campo EFI (Figura 37), a combinação de variáveis que resultou no nó folha contendo o maior número de amostras do grupo “Bom” foi a utilização das variáveis *fotoObliqua* e *linhaCruzada*, e o não uso da variável *diferenteAltura*.

A divisão das amostras nesta árvore foi diferente da anterior. Nela, a variável que melhor dividiu as amostras foi a *fotoObliqua*, enquanto a segunda variável selecionada no processo de subdivisão da árvore foi diferente para os 2 ramos subsequentes. Se a variável *fotoObliqua* não for utilizada, a segunda melhor variável para divisão das amostras é a *diferenteAltura*. No entanto, ao usar a *fotoObliqua* a segunda melhor variável é *linhaCruzada*. Da mesma forma que aconteceu na árvore

anterior, o uso conjunto das variáveis *diferenteAltura* e *fotoObliqua* ocasiona em um nó folha contendo menos amostras do grupo “Bom”. Isto demonstra novamente um “conflito” entre as variáveis *diferenteAltura* e *fotoObliqua*, de modo que parece ser preferível utilizar uma ou outra.

Analisando as árvores geradas percebe-se que as variáveis *diferenteAltura* e *fotoObliqua* foram aquelas que melhor dividiram os grupos amostrais, ou seja, o uso delas proporcionou diferença significativa da discrepância média dos conjuntos amostrais.

Foi aplicado o Teste U de Mann–Whitney a 5% de significância para os nós folha gerados a partir dos dados do segundo processamento e os resultados se encontram nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 - Resultados do teste de significância para o campo AGRO

Campo AGRO							
	N-N-S	N-S-N	N-S-S	S-N-N	S-N-S	S-S-N	S-S-S
N-N-N	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
N-N-S		Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
N-S-N			Não	Sim	Sim	Não	Não
N-S-S				Sim	Sim	Não	Não
S-N-N					Sim	Sim	Sim
S-N-S						Sim	Sim
S-S-N							Não

Tabela 18 - Resultados do teste de significância para o campo EFI

Campo EFI							
	N-N-S	N-S-N	N-S-S	S-N-N	S-N-S	S-S-N	S-S-S
N-N-N	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
N-N-S		Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim
N-S-N			Não	Sim	Não	Não	Não
N-S-S				Sim	Não	Sim	Não
S-N-N					Sim	Sim	Sim
S-N-S						Sim	Não
S-S-N							Não

As Tabelas 17 e 18 mostram que a maioria das comparações dos resultados de cada nó folha apresentaram diferença estatística significativa, e dentre os nós que não apresentaram diferença, tiveram como primeira característica o uso ou não da variável *linhaCruzada*, apontando que nestes casos o uso ou não destas imagens tem pouca influência nos resultados. E como segunda característica, se um nó já utilizava

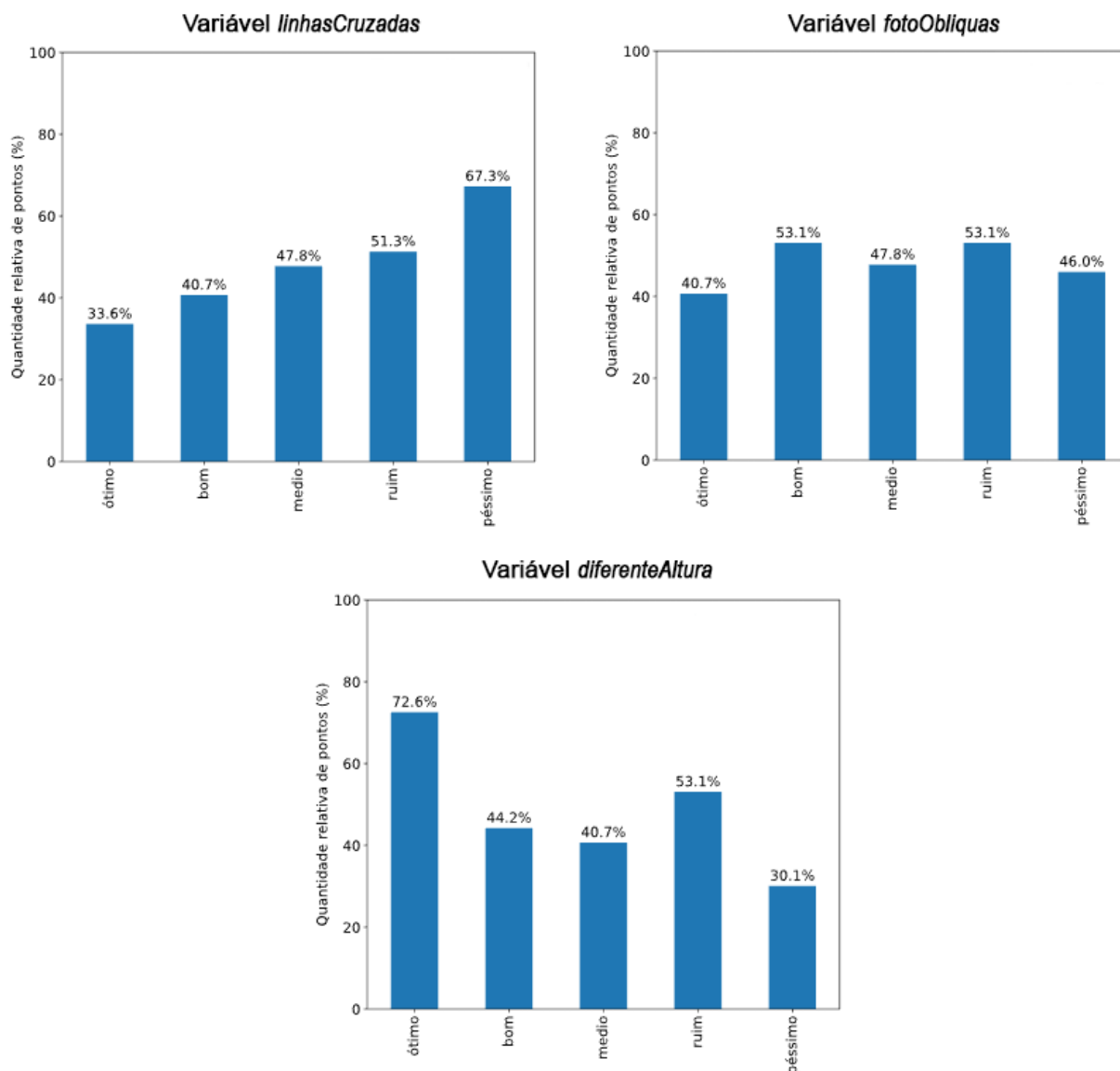
a variável *fotoObliqua* ou *diferenteAltura*, o acréscimo da outra gera pouca influência, indicando que a utilização de apenas uma delas já é o suficiente para acarretar em diferentes resultados.

6.4.2. Análise de Distribuição de Frequências

As discrepâncias obtidas nos pontos de checagem foram classificadas em cinco grupos (ótimo, bom, médio, ruim e péssimo) contabilizando a frequência em que cada variável foi utilizada. Essa análise foi realizada para cada processamento e para cada área, separadamente.

Os resultados do primeiro processamento para o campo AGRO, se encontra na Figura 38.

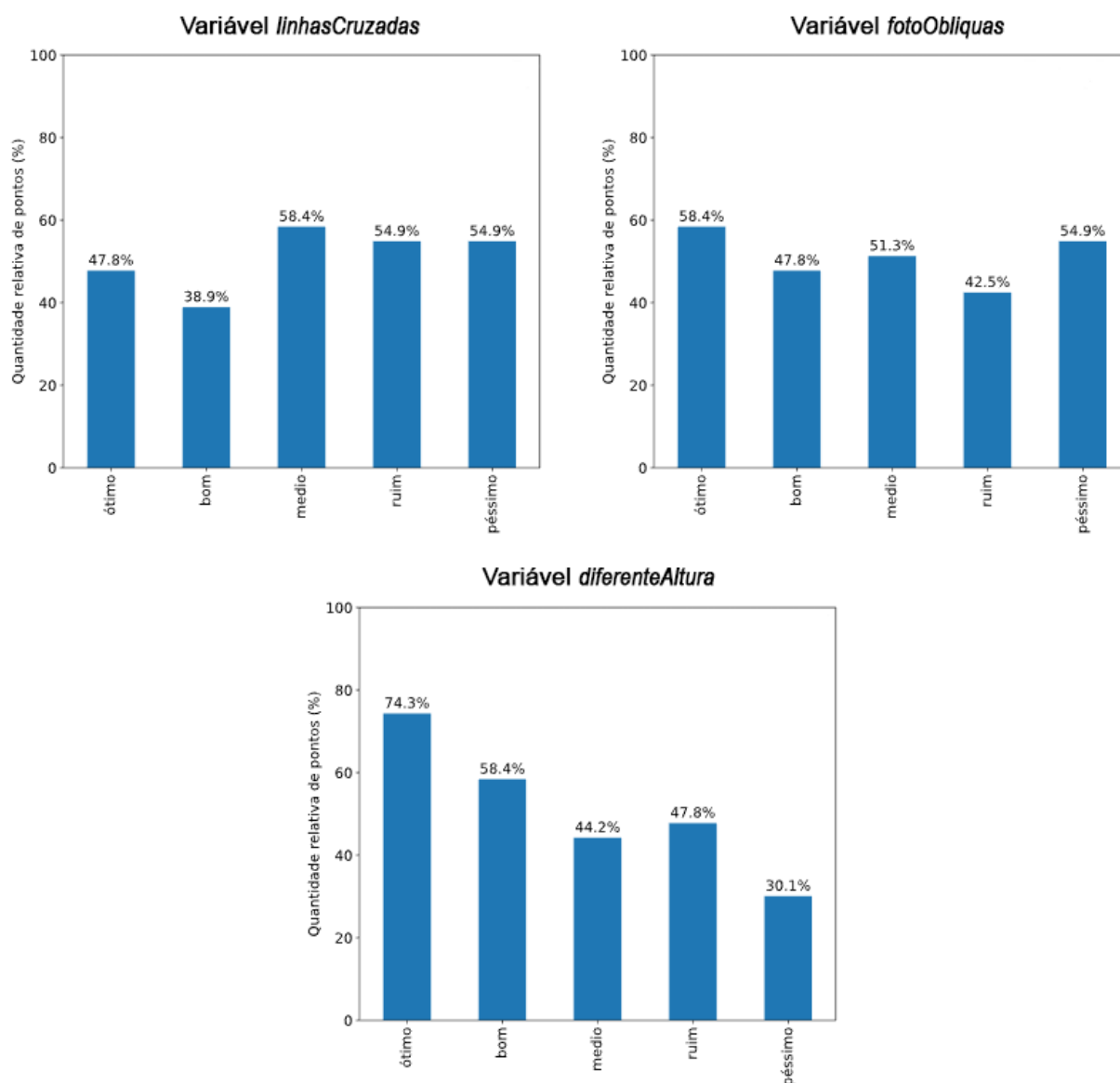
Figura 38 – Distribuição de frequência de cada variável para o campo AGRO no primeiro processamento



Fonte: Autor

A Figura 39 a seguir mostra os resultados para o campo com diferença altimétrica (campo EFI).

Figura 39 - Distribuição de frequência de cada variável para o campo EFI no primeiro processamento



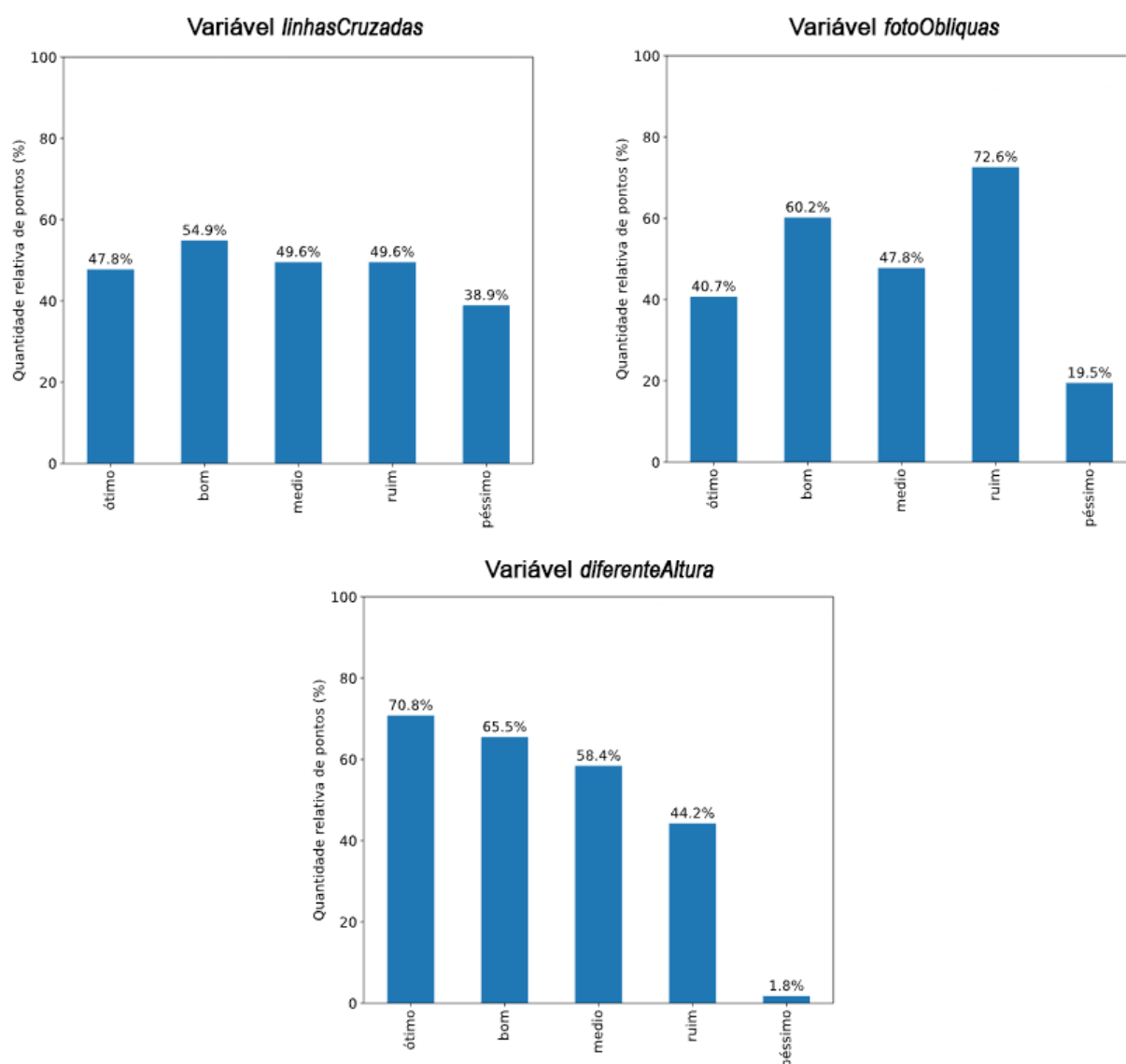
Fonte: Autor

Devido aos resultados muito próximos obtidos no primeiro processamento, há uma semelhança na quantidade de amostras pertencente a cada grupo, tornando difícil dizer se o uso das variáveis *fotoObliqua* e *linhasCruzadas* acarretou em melhores resultados. No entanto, mesmo com os resultados parecidos, a variável *diferenteAltura* apresentou uma maior influência, pois cerca de 73% das amostras foram classificadas como “Ótimas” nos dois campos. O resultado no campo EFI para esta variável foi ligeiramente melhor, com 58% das amostras classificadas como “Boas” utilizando esta variável, enquanto no campo AGRO este número foi de 44%.

Um resultado curioso apresentado foi da variável *linhasCruzadas* no campo AGRO, em que o uso desta variável apresentou uma piora na qualidade das amostras, com 67% das amostras classificadas como “Péssimas” utilizando esta variável.

O mesmo procedimento foi aplicado para avaliar o impacto das variáveis sobre os resultados do segundo processamento. A Figura 40 mostra a distribuição das frequências das variáveis no campo AGRO.

Figura 40- Distribuição de frequência de cada variável para o campo AGRO no segundo processamento



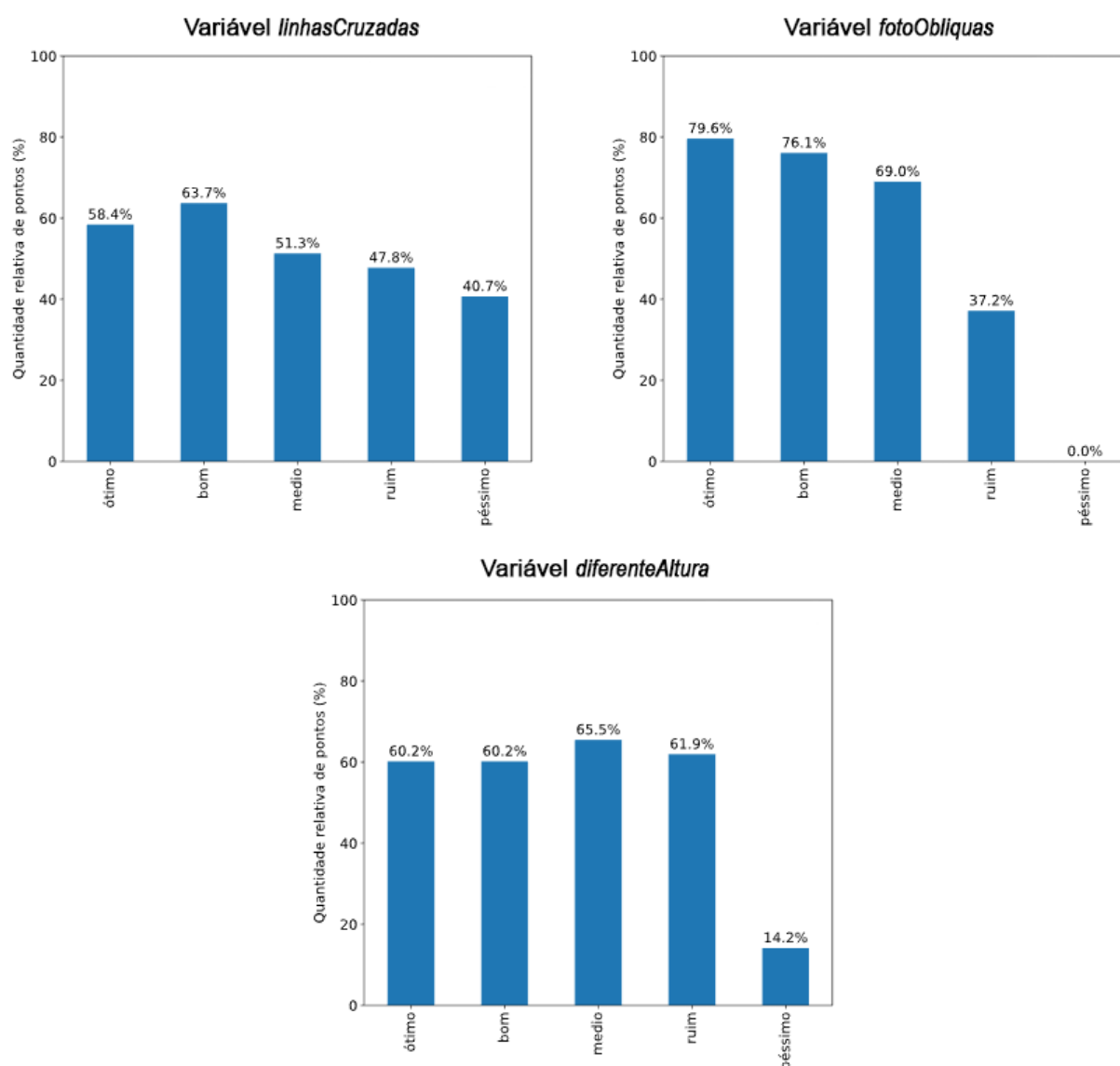
Fonte: Autor

Neste segundo processamento para o campo AGRO, a variável *diferenteAltura* resultou no melhor desempenho, com 70% das amostras do grupo “Ótimo” e 65% das

amostras do grupo “Bom” tiveram o uso desta variável, enquanto somente uma amostra classificada como “Péssima” fez uso dela. A variável *linhasCruzadas* teve presença praticamente uniforme entre todos os grupos e a variável *fotoObliqua* apresentou um comportamento não esperado, pois ao invés de demonstrar uma melhora nas discrepâncias, ao ter uma maior participação nos grupos “Ótimo” e “Bom”, teve uma participação em 72% das amostras classificadas como “Ruim”.

A Figura 41 mostra os resultados para o campo EFI.

Figura 41 - Distribuição de frequência de cada variável para o campo EFI no segundo processamento



Fonte: Autor

Para o campo EFI, a variável *linhasCruzadas* teve uma presença um pouco maior nos grupos “Ótimo” e “Bom”, enquanto a variável *diferenteAltura* teve uma

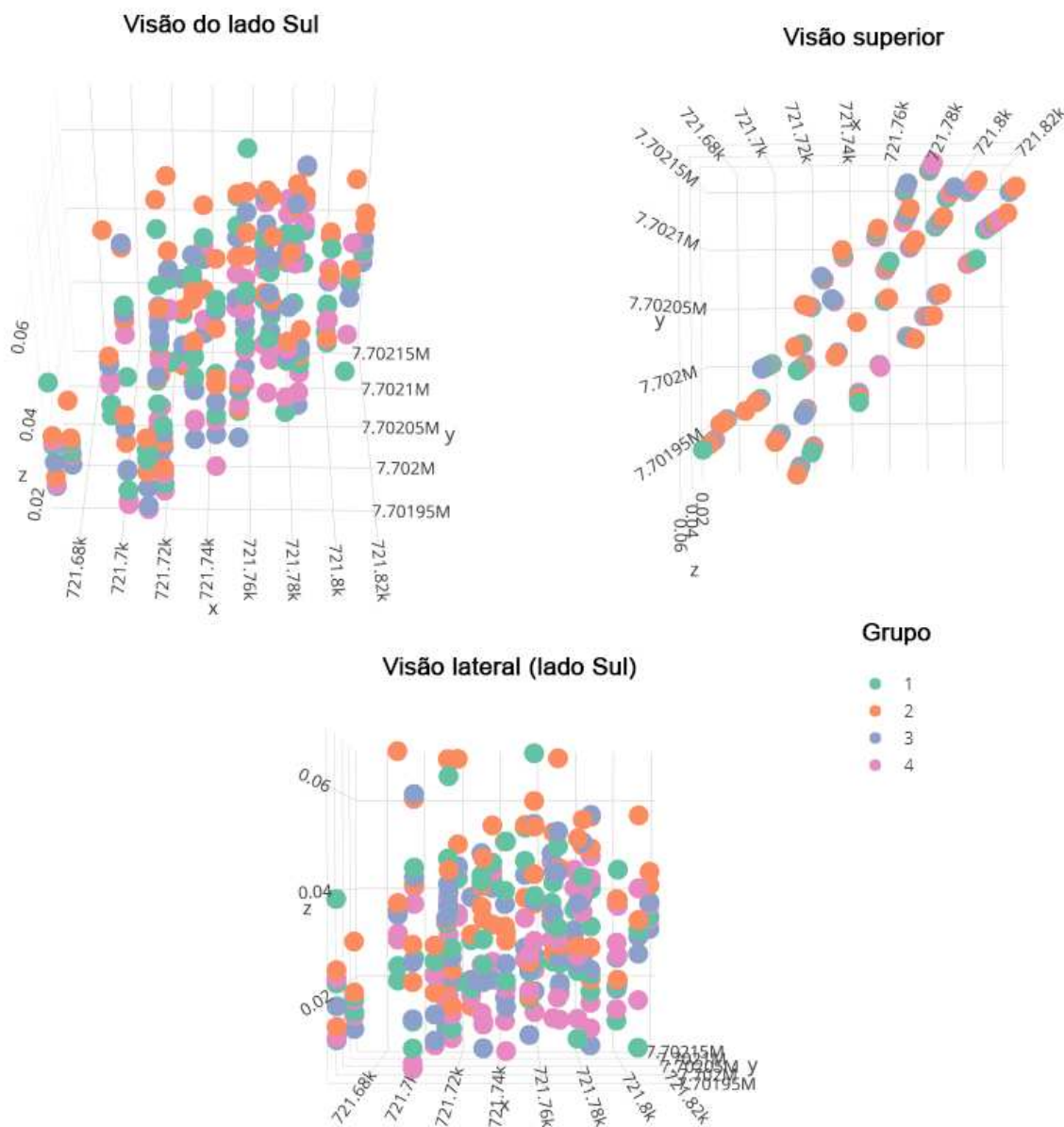
presença semelhante, em torno de 60%, nos grupos “Ótimo”, “Bom”, “Médio” e “Ruim”, e pouca presença no grupo “Péssimo”, indicando que esta variável contribuiu para gerar amostras de melhor qualidade. No entanto, a variável *fotoObliqua* teve desempenho de destaque, com 80% das amostras do grupo “Ótimo” e 76% do grupo “Bom” fazendo uso desta variável, além de nenhuma amostra do grupo “Péssimo” ter feito uso da variável.

Estes resultados estão em concordância com os resultados apresentados pelas árvores de decisão, que apontam que para o campo sem diferença altimétrica (campo AGRO), a aquisição de imagens com linhas de voo de diferentes altitudes é o procedimento que mais auxilia na melhora da qualidade dos produtos finais do processamento, enquanto que no campo com diferença altimétrica (campo EFI), o procedimento de maior influência na qualidade é o levantamento com imagens oblíquas.

6.4.3. Agrupamento Hierárquico Aglomerativo

O algoritmo de agrupamento hierárquico aglomerativo foi configurado para agrupar as amostras dos bancos de dados em quatro grupos, tomando como referência o valor da discrepância tridimensional. Os resultados gerados a partir dos dados do primeiro processamento se encontram nas Figuras 42 e 43 e nas Tabelas 19 e 20.

Figura 42 - Visualização dos grupos para as amostras do campo AGRO obtidas no primeiro processamento

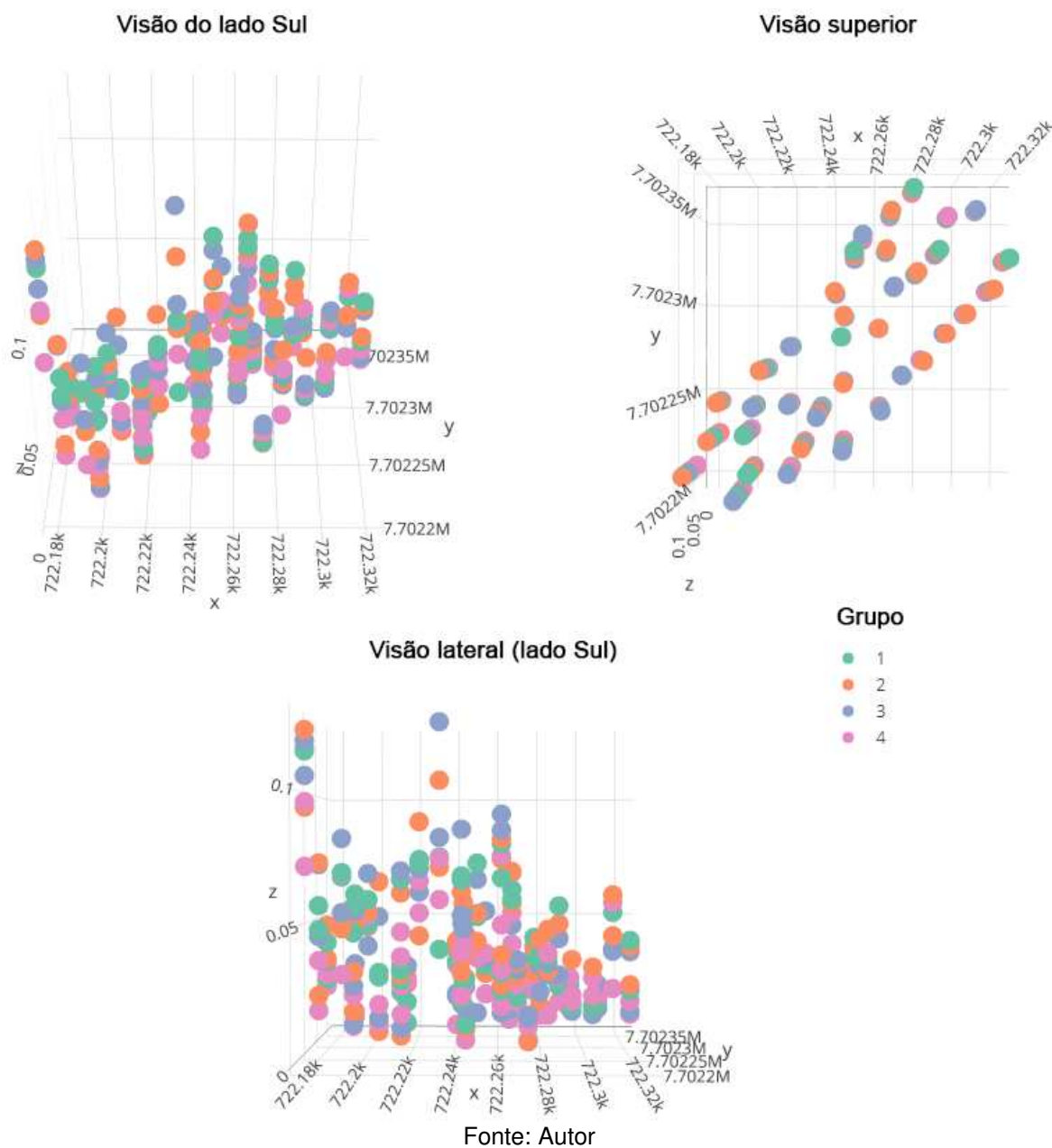


Fonte: Autor

Tabela 19 - Agrupamentos gerados a partir dos dados do campo AGRO obtidas no primeiro processamento

Agrupamento	Média(m)	Mediana(m)	Desvio Padrão(m)	linhasCruzadas	fotoObliqua	diferenteAltura
4	0,025	0,024	0,011	0	1	1
				0	0	1
1	0,031	0,029	0,013	0	0	0
				0	1	0
3	0,030	0,029	0,013	1	1	1
				1	0	1
2	0,038	0,036	0,014	1	0	0
				1	1	0

Figura 43 - Visualização dos grupos para as amostras do campo EFI obtidas no primeiro processamento



Fonte: Autor

Tabela 20 - Agrupamentos gerados a partir dos dados do campo EFI obtidas no primeiro processamento

Agrupamento	Média(m)	Mediana(m)	Desvio Padrão(m)	linhasCruzadas	fotoObliqua	diferenteAltura
4	0,030	0,025	0,020	0	1	1
				0	0	1
3	0,040	0,033	0,028	1	1	0
				1	1	1
1	0,041	0,035	0,024	0	0	0
				0	1	0
2	0,041	0,037	0,024	1	0	0
				1	0	1

Os resultados do primeiro processamento apresentaram médias e medianas semelhantes, com diferença menor que 2cm para os dois campos, como mostram as Figuras 42 e 43. A discrepância máxima apresentada pelos pontos de checagem foi em torno de 15 cm para os dois campos. Devido aos resultados apresentados pelo primeiro processamento, o algoritmo de agrupamento hierárquico aglomerativo gerou agrupamentos difíceis de distinguir visualmente, em termos de discrepância média apresentada.

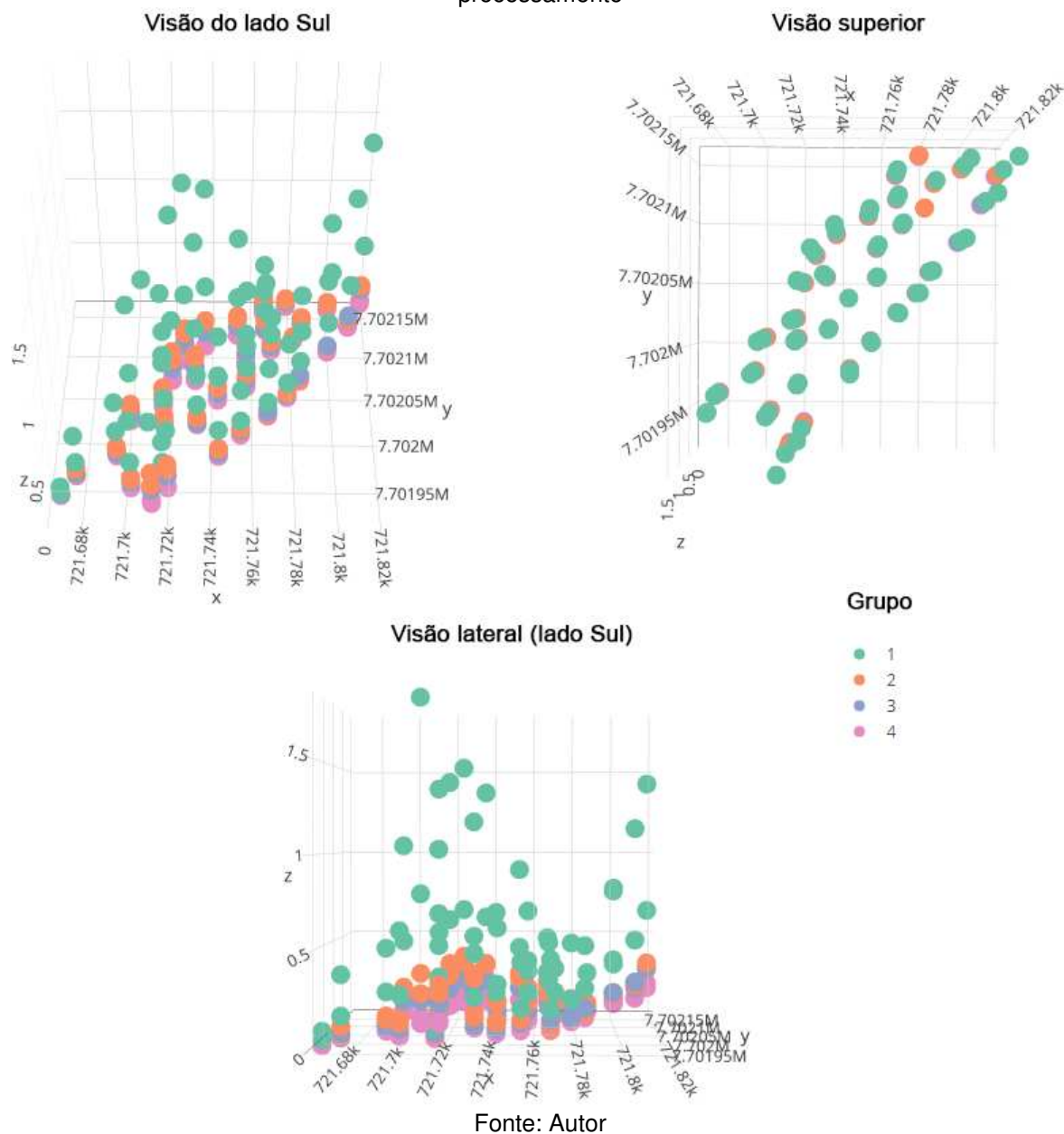
As Tabelas 19 e 20 apresentam dois subgrupos gerados para cada agrupamento. Estes subgrupos mostram diferentes pontos que foram agregados para um mesmo agrupamento e que apresentaram a mesma média e mediana, mas de características diferentes. Tomando o grupo 4 da Tabela 19 como exemplo, os dois subgrupos do grupo 3 apresentaram a mesma média, mediana e desvio padrão, de forma que em todos os pontos do grupo 3 a variável *diferenteAltura* foi utilizada e em todos eles a variável *linhasCruzadas* não foi utilizada, no entanto, em um subgrupo os pontos utilizaram a variável *fotoObliqua*, enquanto no outro esta não utilizada.

Estes resultados tornam difícil apontar para uma variável que causou maior impacto, pois os grupos formados apresentaram médias, medianas e desvios padrão muito próximos. No entanto, ao aplicar o Teste U de Mann–Whitney a 5% de significância para avaliar se houve diferença estatística significativa entre os resultados, foram encontrados resultados estatisticamente diferentes.

Para o campo AGRO, todos os grupos apresentaram diferença estatística significativa entre si, com exceção dos grupos 1 e 3. Já para o campo EFI, só houve diferença entre o grupo 4 e os outros. Os grupos 1, 2 e 3 não apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Os resultados da aplicação do algoritmo de agrupamento para o segundo processamento se encontram nas Figuras 44 e 45 e nas Tabelas 21 e 22.

Figura 44 - Visualização dos grupos para as amostras do campo AGRO obtidas no segundo processamento

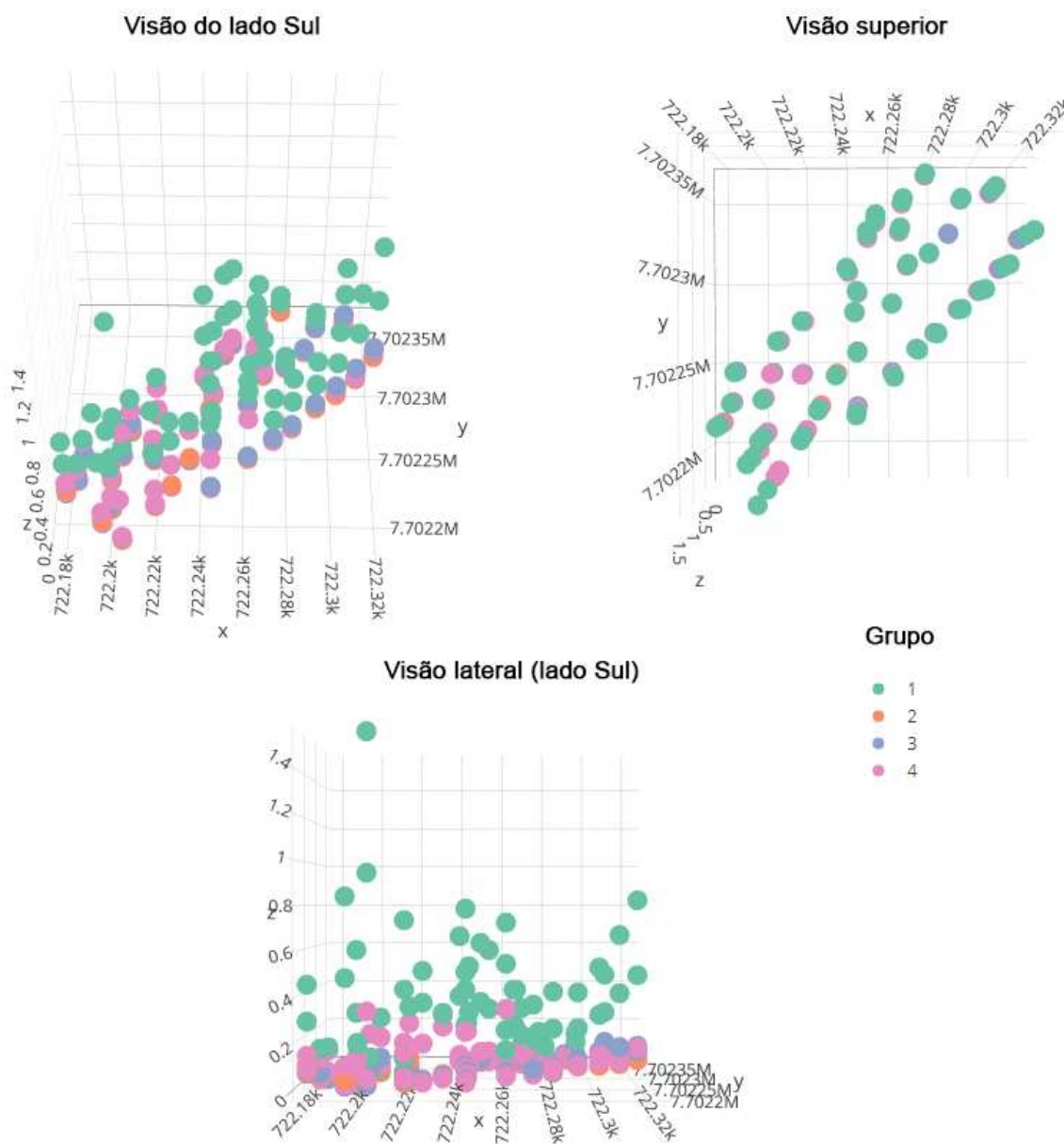


Fonte: Autor

Tabela 21 - Agrupamentos gerados a partir dos dados do campo AGRO obtidas no segundo processamento

Agrupamento	Média(m)	Mediana(m)	Desvio Padrão(m)	linhasCruzadas	fotoObliqua	diferenteAltura
4	0,083	0,066	0,049	0	1	1
				0	0	1
3	0,135	0,111	0,079	0	0	0
				0	1	0
2	0,172	0,148	0,105	1	1	1
				1	0	1
1	0,519	0,444	0,404	1	0	0
				1	1	0

Figura 45 - Visualização dos grupos para as amostras do campo EFI obtidas no segundo processamento



Fonte: Autor

Tabela 22 - Agrupamentos gerados a partir dos dados do campo EFI obtidas no segundo processamento

Agrupamento	Média(m)	Mediana(m)	Desvio Padrão(m)	linhasCruzadas	fotoObliqua	diferenteAltura
2	0,031	0,027	0,018	1	1	0
				1	1	1
3	0,040	0,036	0,024	0	1	1
				0	1	0
4	0,073	0,039	0,077	1	0	1
				0	0	1
1	0,343	0,294	0,259	0	0	0
				1	0	0

Os resultados apresentados pelo segundo processamento já foram mais dispersos, como mostram as Figuras 44 e 45, com amostras contendo discrepâncias maiores que 1m. Os agrupamentos gerados pelo algoritmo apresentaram maior distinção em relação à sua média, mediana e desvio padrão (Tabelas 21 e 22).

Nos resultados do grupo que apresentou a menor mediana para o levantamento do campo AGRO, o grupo 4, em todos os pontos que o integram, a variável *diferenteAltura* foi utilizada. A variável *fotoObliqua* estava presente em parte dos pontos e a variável *linhasCruzadas* não estava presente em nenhum dos pontos. Já no grupo 1, aquele que apresentou a pior mediana, as variáveis *fotoObliqua* e *diferenteAltura* não estavam presentes em nenhum dos pontos, enquanto a variável *linhaCruzada* estava presente em parte deles.

Nos agrupamentos gerados a partir dos pontos do campo EFI, o grupo 2 apresentou a menor mediana e em todos os pontos integrantes as variáveis *linhasCruzadas* e *fotoObliqua* foram utilizadas, enquanto a variável *diferenteAltura* foi utilizada por parte dos elementos do grupo. No grupo 1, que apresentou a maior mediana, as variáveis *fotoObliqua* e *diferenteAltura* não foram utilizadas por nenhum dos pontos, enquanto a variável *linhasCruzadas* foi utilizada por parte do grupo. Vale destacar que a variável *fotoObliqua* foi utilizada pelos dois grupos de menor mediana, os grupos 2 e 3.

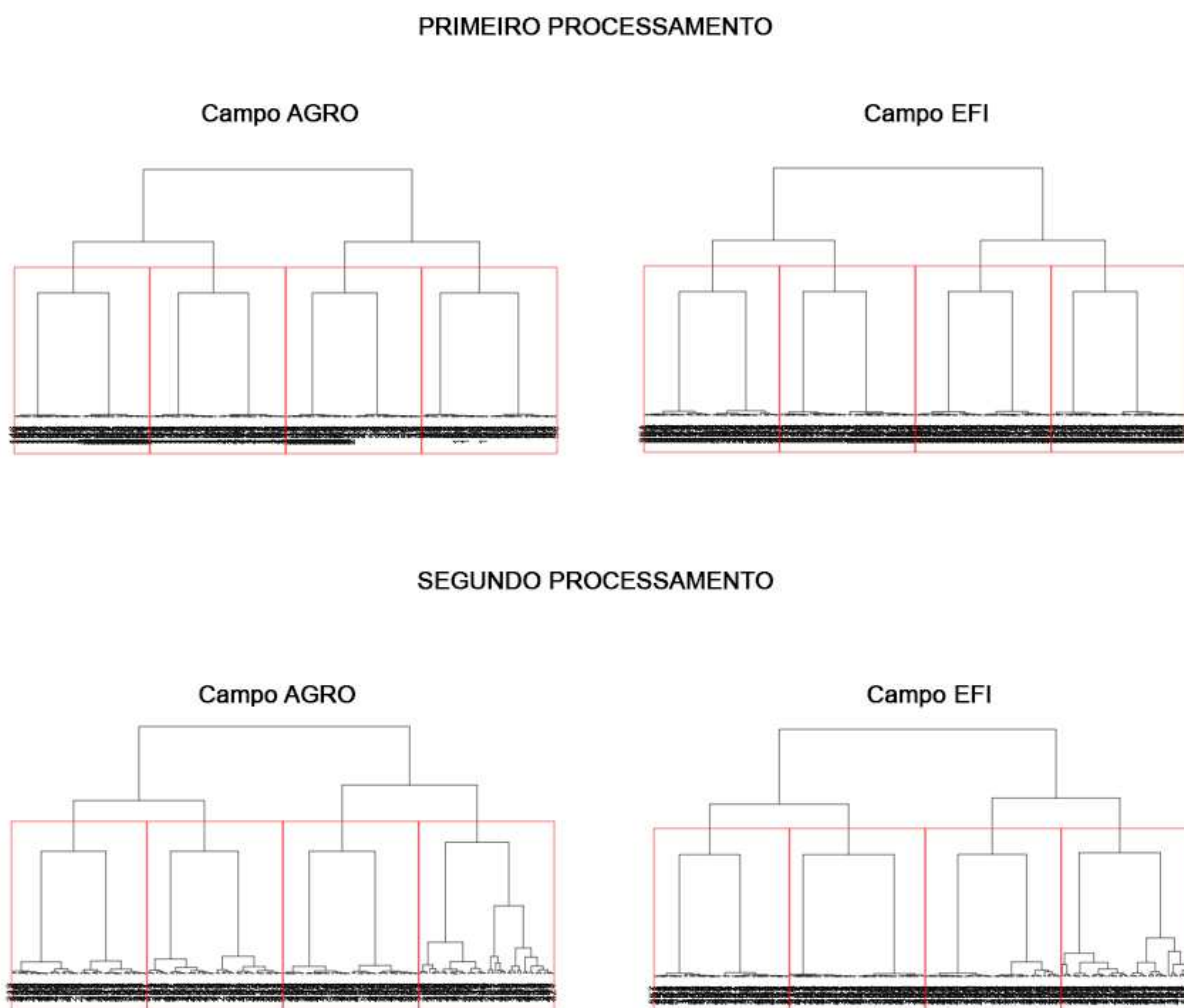
Pelo fato dos resultados do segundo processamento terem sido mais distintos, eles apontam que a presença ou ausência da variável *diferenteAltura* no caso do campo AGRO e *fotoObliqua* no caso do campo EFI, causam uma influência significativa na qualidade das discrepâncias apresentadas pelos pontos de checagem.

Ao realizar o Teste U de Mann–Whitney a 5% de significância para os resultados do segundo processamento, para o campo AGRO, todos os resultados apresentaram diferença estatística significante entre si, sem exceções. O mesmo ocorreu para o campo EFI, com exceção dos grupos 3 e 4, que não apresentaram diferença estatística significativa.

Analisando os gráficos e a distribuição espacial das amostras, os pontos de maior discrepância se encontram nos limites dos campos o AGRO e do campo EFI, enquanto que os pontos próximos ao centro dos campos de levantamento apresentaram as menores discrepâncias.

A escolha de formar quatro grupos através do algoritmo de agrupamento hierárquica foi feita por este ser o número de grupos ideal para separar as amostras em grupos de tamanhos similares, como ilustra a Figura 46, com os dendogramas gerados pelo algoritmo.

Figura 46 - Dendogramas formados a partir de cada banco de dados



Fonte: Autor

6.5. Síntese dos Resultados

Realizados todos os processamentos, a Tabela 23 apresenta os conjuntos de imagens utilizados na obtenção dos melhores produtos. Para os resultados apresentados pelos produtos gerados através do segundo processamento de imagens, foram apresentados os produtos gerados pela combinação de imagens de

levantamento N-S-N-S no caso do campo AGRO e a combinação S-S-S-N no caso do campo EFI. Estas combinações resultaram na menor discrepância tridimensional média dos pontos de checagem.

Para os resultados da acurácia posicional, foram apresentados os produtos gerados a partir da combinação N-S-N-S para o campo AGRO e a combinação S-S-S-N para o campo EFI, pois produtos gerados podem ser utilizados para escalas maiores com classificação Classe A e foram aqueles que poderiam ser utilizadas as menores equidistâncias de curva de nível entre os produtos avaliados e terem classificação Classe A.

Para os resultados da mineração de dados, foram apresentados os conjuntos de imagens, tratados como variáveis binárias, que mais influenciaram na diminuição da discrepância dos pontos de checagem. Para a árvore de decisão, foram apresentadas as variáveis que melhor dividiam os grupos amostrais. Para a análise de frequência, foi apresentada a variável que alcançou uma maior frequência de uso no grupo classificado como “Ótimo” e que teve menor frequência no grupo “Péssimo”. Para o agrupamento hierárquico, foram apresentadas as variáveis que foram utilizadas por todas as amostras do grupo de menor mediana.

A Tabela 17 foi gerada a partir dos resultados gerados pelo segundo processamento, pois neste processamento foi possível detectar de forma mais clara a influência que cada procedimento de levantamento teve sobre os produtos gerados.

Tabela 23 - Síntese dos resultados de cada método aplicado

Campo	Produto com menor discrepância tridimensional média	Avaliação de Acurácia Posicional	Árvore de Decisão	Análise de Frequência	Agrupamento Hierárquico
AGRO	Linhas cruzadas e diferente altura	Linhas cruzadas e diferente altura	Diferente Altura	Diferente Altura	Diferente Altura
EFI	Linhas cruzadas e fotos oblíquas	Linhas cruzadas e fotos oblíquas	Fotos oblíquas	Fotos Oblíquas	Linhas Cruzadas e fotos oblíquas

7. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos empregando os procedimentos propostos foi possível verificar que utilizando uma ou mais de uma estratégia de quebra de correlação entre os parâmetros de orientação interior e exterior, houve melhora na determinação de tais parâmetros, bem como na qualidade dos produtos gerados.

Independentemente de avaliar os produtos gerados individualmente ou de forma conjunta através da mineração de dados, os resultados apontaram que a aquisição de imagens oblíquas ou a utilização de linhas de voo de diferentes alturas são os procedimentos de levantamento utilizando RPA que mais influenciaram na qualidade dos resultados.

Neste estudo foram utilizadas duas áreas de levantamento, uma aproximadamente plana e outra com variação de relevo, visando verificar se as estratégias propostas teriam o mesmo comportamento nos dois casos, o que não ocorreu mediante os resultados obtidos.

Além da utilização de dois campos de testes diferentes, houve também a comparação entre dois processamentos, o primeiro utilizando todos os pontos de controle disponíveis e um conjunto de imagens com alta sobreposição, e o segundo com um número reduzido de pontos de controle e um conjunto de imagens com baixa sobreposição. A redução da base de dados original, em relação ao número de fotos e pontos de controle, foi feita visando simular uma situação mais realista em termos de aplicação de levantamentos que ocorrem na prática com plataformas RPA e para comparar a eficiência dos processamentos.

As análises realizadas a partir dos dados utilizados neste estudo apontaram que apenas uma das estratégias já seria suficiente para melhorar a qualidade do produto, e que o uso combinado duas ou mais estratégias não resulta necessariamente no melhor resultado.

Nesse sentido foi possível verificar que para o segundo conjunto de dados (com redução na quantidade de fotos e do número de pontos de controle) as estratégias de quebra de correlação foram fundamentais para a melhoria na diminuição das discrepâncias entre os valores obtidos com os produtos fotogramétricos gerados e os dados de validação.

De modo mais específico, se o levantamento for realizado em um terreno aproximadamente plano, a estratégia de variação de altura de voo foi a que mais teve influência na melhora dos resultados. Para uma área acidentada, a aquisição de fotos oblíquas foi o procedimento que apresentou os melhores resultados.

Estes resultados são relevantes tendo em vista que essas estratégias não são muito utilizadas para levantamentos aéreos convencionais devido, principalmente, a questões econômicas. Entretanto, os custos para a realização dessa estratégia por meio de plataformas RPA se tornam viáveis diante dos benefícios a serem alcançados na qualidade posicional do produto final. Inclusive, tal estratégia seria mais viável do que a realização de levantamentos com alto recobrimento, que resultam numa maior demanda computacional e do tempo de processamento. Ao adotar estratégias de levantamento como utilização de linhas de voo de diferentes alturas ou aquisição de fotos oblíquas, um levantamento mais eficiente pode ser feito, de menor demanda computacional e menor tempo de processamento e melhorando a qualidade dos produtos gerados.

Em relação a levantamentos aéreos, sugere-se que futuros trabalhos avaliem a obtenção de imagens oblíquas, considerando sua obtenção a partir dos limites laterais da área de levantamento ou a partir de linhas de voo diretamente sobre a área levantada. Pode-se também realizar um estudo mais aprofundado da combinação de linhas de voo de diferentes alturas, e se há uma relação ótima entre as alturas das duas linhas. Por último, avaliar a combinação destes procedimentos, como obter imagens em linhas de voo de diferentes alturas com fotos oblíquas simultaneamente.

Em relação a técnica de mineração de dados, sugere-se integrar mais variáveis que podem influenciar na qualidade dos produtos gerados pelos levantamentos por RPA, de forma a desenvolver modelos mais completos que possam explicar melhor a influência desses elementos neste tipo de levantamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J. B. DE. **Fotogrametria**. 2. ed. Curitiba: SBEE, 2003.
- BAZAN, W. S. **Calibração de um Sistema Dual de Câmaras Digitais**. Presidente Prudente, São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2008.
- BROWN, D. C. Close-range Camera Calibration. **Photogrammetric Engineering**, p. 855–866, 1971.
- CHRISTIAN, J. A. et al. Geometric calibration of the orion optical navigation camera using star field images. **The Journal of the Astronautical Sciences**, v. 63, n. 4, p. 335–353, 2016.
- CLARKE, T. A.; FRYER, J. G. The development of camera calibration methods and models. **Photogrammetric Record**, v. 16, n. 91, p. 51–66, 1998.
- DAS, S. et al. UAV-Thermal imaging and agglomerative hierarchical clustering techniques to evaluate and rank physiological performance of wheat genotypes on sodic soil. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 173, n. October 2020, p. 221–237, 2021.
- DEBIASI, P.; HAINOSZ, F.; MITISHITA, E. A. Calibração em serviço de câmara digital de baixo custo com o uso de pontos de apoio altimétrico. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 2, p. 225–241, 2012.
- DJI. **Phantom 4 Pro - Quick Starter Guide**, 2016.
- DSG. **Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG)**, 2016. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/cqdg/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf>
- FRASER, C. S. Digital camera self-calibration. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 52, p. 149–159, 1997.
- FRASER, R. H. et al. UAV photogrammetry for mapping vegetation in the low-Arctic. **Arctic Science**, v. 2, n. 3, p. 79–102, 2016.
- FRYER, J. G.; BROWN, D. C. Lens distortion for close-range photogrammetry. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 1, n. 52, p. 51–58, 1986.
- GALO, M. **Calibração e Aplicação de Câmaras Digitais**. Dissertação (Mestre em Ciências no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1993.
- GALO, M.; CAMARGO, P. Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas. **1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**, n. 1, p. 41–48, 1994.
- GALO, M.; TOMMASELLI, A. M. G. Calibração de Câmaras. In: **Fundamentos de Visão Computacional**. Presidente Prudente, SP: Editora Gráfica Viena, 2011. p. 189.
- HABIB, A.; MORGAN, M. F. Automatic calibration of low-cost digital cameras. **Journal of Engineering**, n. 42, p. 948–955, 2003.
- HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. **Data Mining: Concepts and Techniques**. 3rd. ed. Waltham, Massachusetts: The Morgan Kaufmann Publishers, 2012.

- JOHNSON, S. C. Hierarchical clustering schemes. **Psychometrika**, v. 32, n. 3, p. 241–254, 1967.
- KRAUS, K. **Photogrammetry-Fundamentals and Standard Process**. Vol. 1. Dummer/Bonn, 1993. 397p.
- LUGNANI, J. B. **Introdução à fotogrametria**. Imprensa Universitária da UFPR. Curitiba, PR, 1987. 134p.
- MANN, H.; WHITNEY, D. Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. **Ann. Math. Stat**, v. 18, n. 1, p. 50–60, 1947.
- MERCHANT, D. C. Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps. **Technical Papers of the American Congress of Surveying and Mapping**, p. 222–231, 1982.
- MIKHAIL, E. M.; BETHEL, J. S.; MCGLONE, J. C. **Introduction to Modern Photogrammetry**. New York: John Wiley & Sons Inc., 2001. 479p.
- MURTAGH, F.; CONTRERAS, P. Algorithms for hierarchical clustering: an overview. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery**, v. 2, n. 1, p. 86–97, 2012.
- MURTAGH, F.; LEGENDRE, P. Ward's Hierarchical Agglomerative Clustering Method: Which Algorithms Implement Ward's Criterion? **Journal of Classification**, v. 31, n. 3, p. 274–295, 1 out. 2014.
- OLIVAS, M. A. DE A. **Calibração de câmaras fotogramétricas: Aplicação dos métodos: Câmaras Convergentes e Campos Mistos**. 106 f. Dissertação (Mestre em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1980.
- PEDREGOSA, F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. **Journal of Machine Learning Research**, v. 12, p. 2825–2830, 2011.
- PESSOA, G. G. **Análise da estabilidade e influência dos parâmetros de calibração de uma câmara digital não métrica na fototriangulação**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2017.
- PRIYAM, A. et al. Comparative Analysis of Decision Tree Classification Algorithms. **International Journal of Current Engineering and Technology**, v. 3, n. 2, p. 334–337, 2013.
- SANTOS, A. P. **Controle De Qualidade Cartográfica: Metodologias Para Avaliação Da Acurácia Posicional Em Dados Espaciais**. 188 f. Tese (Doutor em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2015.
- SANTOS, A. P. et al. Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: Proposta de método e exemplo utilizando a norma Brasileira. **Boletim de Ciências Geodesicas**, v. 22, n. 4, p. 630–650, 2016.
- SCHENK, T. **Digital Photogrammetry**. Laurelville, Ohio: TerraScience, 1999. 479p.
- SEMBIRING, R. W.; ZAIN, J. M.; EMBONG, A. A comparative agglomerative hierarchical clustering method to cluster implemented course. **Journal of Computing**, v. 2, n. 12, 2011.
- SHARMA, H.; KUMAR, S. A Survey on Decision Tree Algorithms of Classification in Data Mining. **Article in International Journal of Science and Research**, v. 5, n. 4,

p. 2094–2097, 2016.

TOPOMAP. **Receptor GNSS L1L2 TOPOMAP T10 RTK Integrado**, 2022. Disponível em: <<http://topomapmg.com.br/shop/gps-rtk-tps-t10/>>

WOLF, P. R.; DEWITT, B. A.; WILKINSON, B. E. **Elements of Photogrammetry with Applications in GIS**. McGraw-Hill Education, 2014. 676p.

YANG, B. et al. Developing an Introductory UAV/Drone Mapping Training Program for Seagrass Monitoring and Research. **Drones**, v. 4, n. 4, p. 70, 2020.

ZANETTI, J. **Influência do número e distribuição de pontos de controle em ortofotos geradas a partir de um levantamento por VANT**. 96 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2017.

ZHAO, Y.; KARYPIS, G. Evaluation of hierarchical clustering algorithms for document datasets. **Proceedings of the eleventh international conference on Information and knowledge management**, p. 515–524, 2002.

APÊNDICE A – Coordenadas dos Pontos de Controle e Checagem

Coordenadas na projeção UTM, fuso 23 Sul, sistema de referência SIRGAS2000, para as coordenadas X e Y, e a altura geométrica em Z, sistema de referência SIRGAS2000, dos 7 pontos de apoio, ou de controle (identificados pelas letras PA) e os 34 pontos de checagem (identificados pelas letras PC) levantados no campo AGRO através do RTK T10 da Topomap e corrigidas utilizando o serviço PPP Online do IBGE. O ponto BASE, que onde a base do RTK foi instalada para realização do levantamento, também foi utilizado como ponto de checagem.

Tabela 24 - Coordenadas dos pontos de controle e checagem levantados no campo AGRO

Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)	σX (m)	σY (m)	σZ (m)
BASE	721.731,256	7.702.055,197	652,300	-	-	-
PA01	721.660,808	7.701.939,006	653,613	0,001	0,001	0,003
PA02	721.713,572	7.701.910,881	653,699	0,001	0,001	0,003
PA03	721.788,252	7.702.100,194	652,271	0,001	0,001	0,003
PA05	721.728,563	7.701.987,492	653,043	0,001	0,001	0,003
PA06	721.777,744	7.702.164,294	651,872	0,001	0,001	0,004
PA07	721.740,803	7.702.063,667	652,264	0,001	0,001	0,003
PA08	721.826,720	7.702.138,906	652,333	0,001	0,001	0,005
PC01	721.716,761	7.702.003,830	653,084	0,001	0,001	0,003
PC02	721.752,647	7.702.106,349	652,259	0,001	0,001	0,003
PC03	721.777,830	7.702.041,896	652,590	0,001	0,001	0,003
PC04	721.715,976	7.702.021,013	652,826	0,001	0,001	0,003
PC05	721.725,945	7.702.072,751	652,306	0,001	0,001	0,003
PC06	721.757,099	7.702.055,258	652,388	0,001	0,001	0,003
PC07	721.716,631	7.701.966,074	653,199	0,001	0,001	0,003
PC08	721.702,364	7.701.943,416	653,432	0,001	0,001	0,003
PC09	721.786,996	7.702.134,903	652,161	0,001	0,001	0,004
PC10	721.719,931	7.702.049,753	652,492	0,001	0,001	0,003
PC11	721.712,933	7.701.917,898	653,558	0,001	0,001	0,003
PC12	721.767,364	7.702.120,925	652,222	0,001	0,001	0,003
PC13	721.668,977	7.701.940,513	653,615	0,001	0,001	0,003
PC14	721.694,315	7.701.976,225	653,312	0,001	0,001	0,003
PC15	721.782,149	7.702.113,717	652,261	0,001	0,001	0,003
PC17	721.700,624	7.702.004,845	653,050	0,001	0,001	0,003
PC18	721.784,580	7.702.060,142	652,380	0,001	0,001	0,003
PC20	721.719,901	7.701.934,720	653,552	0,001	0,001	0,003
PC21	721.757,035	7.702.079,492	652,233	0,001	0,001	0,003
PC22	721.766,664	7.702.141,049	652,158	0,001	0,001	0,003
PC23	721.767,896	7.702.025,663	652,839	0,001	0,001	0,003
PC26	721.742,792	7.702.037,682	652,524	0,001	0,001	0,003
PC27	721.675,588	7.701.958,218	653,485	0,001	0,001	0,003
PC28	721.736,356	7.702.090,646	652,286	0,001	0,001	0,003
PC29	721.798,889	7.702.084,522	652,289	0,001	0,001	0,003
PC30	721.732,679	7.702.012,246	652,837	0,001	0,001	0,003
PC31	721.817,672	7.702.139,770	652,238	0,001	0,001	0,004
PC32	721.770,288	7.702.099,778	652,294	0,001	0,001	0,003
PC35	721.810,766	7.702.115,909	652,145	0,001	0,001	0,004
PC36	721.778,940	7.702.158,027	651,959	0,001	0,001	0,004
PC37	721.800,939	7.702.146,563	652,183	0,001	0,001	0,005
PC39	721.754,302	7.702.001,712	652,929	0,001	0,002	0,004
PC40	721.743,473	7.701.978,311	653,111	0,001	0,002	0,004

O mesmo procedimento foi utilizado para obter coordenadas dos 7 pontos de apoio ou controle e dos 36 pontos de checagem do campo EFI. O ponto BASE também serviu como ponto de checagem.

Tabela 25 - Coordenadas dos pontos de controle e checagem levantados no campo EFI

Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)	σX (m)	σY (m)	σZ (m)
BASE	722.253,693	7.702.338,309	656,460	-	-	-
PA01	722.230,899	7.702.289,466	656,345	0,001	0,001	0,004
PA02	722.157,565	7.702.228,655	660,606	0,001	0,001	0,005
PA03	722.339,131	7.702.332,310	656,443	0,001	0,001	0,003
PA04	722.281,725	7.702.310,250	656,285	0,001	0,001	0,003
PA07	722.284,410	7.702.379,532	656,324	0,001	0,001	0,003
PA08	722.258,583	7.702.265,444	656,960	0,001	0,001	0,003
PA09	722.205,438	7.702.181,931	664,559	0,001	0,001	0,004
PC01	722.219,339	7.702.208,363	660,739	0,001	0,001	0,003
PC02	722.249,684	7.702.327,581	656,321	0,001	0,001	0,004
PC03	722.261,696	7.702.286,681	656,458	0,001	0,001	0,003
PC04	722.244,667	7.702.256,517	660,903	0,001	0,001	0,003
PC05	722.240,173	7.702.307,210	656,235	0,001	0,001	0,003
PC06	722.315,104	7.702.308,374	656,281	0,001	0,001	0,003
PC07	722.182,732	7.702.225,208	660,920	0,001	0,001	0,004
PC08	722.184,355	7.702.245,204	660,983	0,001	0,001	0,004
PC10	722.310,575	7.702.356,297	656,373	0,001	0,001	0,003
PC12	722.266,876	7.702.349,876	656,282	0,001	0,001	0,003
PC13	722.217,388	7.702.242,585	660,687	0,001	0,001	0,004
PC14	722.282,929	7.702.268,268	656,835	0,001	0,001	0,003
PC15	722.280,332	7.702.318,235	656,275	0,001	0,001	0,003
PC16	722.198,220	7.702.227,429	660,962	0,001	0,001	0,004
PC17	722.278,288	7.702.366,689	656,275	0,001	0,001	0,003
PC18	722.304,837	7.702.294,951	656,425	0,001	0,001	0,003
PC19	722.206,053	7.702.263,810	660,704	0,001	0,001	0,004
PC21	722.269,325	7.702.310,871	656,136	0,001	0,001	0,004
PC23	722.289,952	7.702.329,937	656,160	0,001	0,001	0,003
PC24	722.324,662	7.702.326,492	656,411	0,001	0,001	0,003
PC25	722.218,170	7.702.275,969	660,499	0,002	0,002	0,006
PC26	722.244,661	7.702.222,242	660,696	0,001	0,001	0,004
PC27	722.261,782	7.702.243,546	661,291	0,001	0,001	0,003
PC28	722.234,335	7.702.242,842	660,866	0,001	0,001	0,004
PC30	722.243,458	7.702.281,398	656,576	0,001	0,001	0,004
PC31	722.294,520	7.702.283,457	656,241	0,001	0,001	0,003
PC32	722.195,561	7.702.195,691	660,817	0,001	0,001	0,004
PC33	722.178,215	7.702.212,837	660,829	0,001	0,001	0,004
PC35	722.265,494	7.702.332,427	656,209	0,001	0,001	0,003
PC36	722.199,552	7.702.206,141	660,984	0,001	0,001	0,004
PC37	722.226,417	7.702.223,476	660,656	0,001	0,001	0,005
PC38	722.202,666	7.702.243,793	660,848	0,001	0,001	0,004
PC39	722.273,915	7.702.258,832	656,996	0,001	0,001	0,005
PC40	722.244,816	7.702.293,707	656,502	0,001	0,001	0,004
PC41	722.296,144	7.702.351,437	656,252	0,001	0,001	0,004

APÊNDICE B – Discrepâncias apresentadas por cada Combinação

As tabelas a seguir mostram as coordenadas dos pontos de checagem extraídos dos produtos gerados do processamento dos conjuntos de imagens. As coordenadas planimétricas foram extraídas a partir das ortoimagens e as coordenadas altimétricas a partir do MDE. As discrepâncias médias são calculadas a partir dos valores absolutos obtidos.

Serão apresentados os resultados das discrepâncias posicionais de cada ponto para cada processamento e combinação das variáveis realizadas.

Processamento I

Tabela 26 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-N-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,260	7702055,182	652,260	0,004	-0,015	-0,040	0,043
PC01	721716,750	7702003,813	653,025	-0,011	-0,017	-0,059	0,063
PC02	721752,637	7702106,343	652,207	-0,010	-0,006	-0,052	0,053
PC03	721777,822	7702041,893	652,587	-0,008	-0,003	-0,003	0,009
PC04	721715,980	7702020,998	652,792	0,004	-0,015	-0,034	0,037
PC05	721725,955	7702072,756	652,291	0,010	0,005	-0,015	0,019
PC06	721757,083	7702055,254	652,370	-0,016	-0,004	-0,018	0,025
PC07	721716,624	7701966,055	653,180	-0,007	-0,019	-0,019	0,028
PC08	721702,365	7701943,416	653,447	0,001	0,000	0,015	0,015
PC09	721786,975	7702134,915	652,141	-0,021	0,012	-0,020	0,032
PC10	721719,938	7702049,748	652,473	0,007	-0,005	-0,019	0,021
PC11	721712,924	7701917,887	653,581	-0,009	-0,011	0,023	0,027
PC12	721767,366	7702120,931	652,181	0,002	0,006	-0,041	0,042
PC13	721668,986	7701940,506	653,652	0,009	-0,007	0,037	0,039
PC14	721694,334	7701976,222	653,301	0,019	-0,003	-0,011	0,022
PC15	721782,134	7702113,731	652,248	-0,015	0,014	-0,013	0,025
PC17	721700,634	7702004,842	653,026	0,010	-0,003	-0,024	0,026
PC18	721784,565	7702060,137	652,396	-0,015	-0,005	0,016	0,022
PC20	721719,897	7701934,708	653,578	-0,004	-0,012	0,026	0,029
PC21	721757,021	7702079,505	652,219	-0,014	0,013	-0,014	0,023
PC22	721766,663	7702141,055	652,122	-0,001	0,006	-0,036	0,037
PC23	721767,880	7702025,653	652,813	-0,016	-0,010	-0,026	0,032
PC26	721742,786	7702037,664	652,532	-0,006	-0,018	0,008	0,021
PC27	721675,583	7701958,210	653,502	-0,005	-0,008	0,017	0,020
PC28	721736,340	7702090,632	652,249	-0,016	-0,014	-0,037	0,042
PC29	721798,862	7702084,519	652,324	-0,027	-0,003	0,035	0,044
PC30	721732,693	7702012,250	652,811	0,014	0,004	-0,026	0,030
PC31	721817,647	7702139,777	652,264	-0,025	0,007	0,026	0,037
PC32	721770,295	7702099,776	652,276	0,007	-0,002	-0,018	0,019
PC35	721810,769	7702115,913	652,145	0,003	0,004	0,000	0,005
PC36	721778,934	7702158,033	651,933	-0,006	0,006	-0,026	0,028
PC37	721800,942	7702146,562	652,173	0,003	-0,001	-0,010	0,010
PC39	721754,292	7702001,700	652,920	-0,010	-0,012	-0,009	0,018
PC40	721743,475	7701978,303	653,062	0,002	-0,008	-0,049	0,050
Média:				0,010	0,008	0,024	0,029

Tabela 27 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-N-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,254	7702055,193	652,260	-0,002	-0,004	-0,040	0,041
PC01	721716,764	7702003,819	653,041	0,003	-0,011	-0,043	0,044
PC02	721752,646	7702106,349	652,205	-0,001	0,000	-0,054	0,054
PC03	721777,829	7702041,891	652,562	-0,001	-0,005	-0,028	0,028
PC04	721715,970	7702020,998	652,761	-0,006	-0,015	-0,065	0,067
PC05	721725,947	7702072,750	652,276	0,002	-0,001	-0,030	0,031
PC06	721757,086	7702055,256	652,353	-0,013	-0,002	-0,035	0,037
PC07	721716,634	7701966,070	653,178	0,003	-0,004	-0,021	0,022
PC08	721702,361	7701943,419	653,402	-0,003	0,003	-0,030	0,030
PC09	721786,981	7702134,904	652,114	-0,015	0,001	-0,047	0,049
PC10	721719,929	7702049,746	652,425	-0,002	-0,007	-0,067	0,067
PC11	721712,924	7701917,893	653,539	-0,009	-0,005	-0,019	0,021
PC12	721767,359	7702120,938	652,171	-0,005	0,013	-0,051	0,053
PC13	721668,980	7701940,502	653,593	0,003	-0,011	-0,022	0,025
PC14	721694,320	7701976,218	653,245	0,005	-0,007	-0,067	0,067
PC15	721782,137	7702113,732	652,215	-0,012	0,015	-0,046	0,050
PC17	721700,619	7702004,847	652,992	-0,005	0,002	-0,058	0,058
PC18	721784,563	7702060,132	652,372	-0,017	-0,010	-0,008	0,021
PC20	721719,898	7701934,702	653,535	-0,003	-0,018	-0,017	0,025
PC21	721757,024	7702079,505	652,193	-0,011	0,013	-0,040	0,043
PC22	721766,664	7702141,057	652,112	0,000	0,008	-0,046	0,046
PC23	721767,899	7702025,662	652,787	0,003	-0,001	-0,052	0,052
PC26	721742,777	7702037,678	652,477	-0,015	-0,004	-0,047	0,050
PC27	721675,580	7701958,211	653,457	-0,008	-0,007	-0,028	0,030
PC28	721736,339	7702090,629	652,238	-0,017	-0,017	-0,048	0,054
PC29	721798,872	7702084,528	652,279	-0,017	0,006	-0,010	0,021
PC30	721732,672	7702012,245	652,803	-0,007	-0,001	-0,034	0,034
PC31	721817,642	7702139,790	652,219	-0,030	0,020	-0,019	0,041
PC32	721770,296	7702099,781	652,250	0,008	0,003	-0,044	0,045
PC35	721810,774	7702115,916	652,114	0,008	0,007	-0,031	0,033
PC36	721778,939	7702158,033	651,931	-0,001	0,006	-0,028	0,028
PC37	721800,947	7702146,568	652,148	0,008	0,005	-0,035	0,037
PC39	721754,304	7702001,700	652,915	0,002	-0,012	-0,014	0,019
PC40	721743,469	7701978,321	653,083	-0,004	0,010	-0,028	0,030
			Média:	0,007	0,007	0,037	0,040

Tabela 28 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-S-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,255	7702055,186	652,265	-0,001	-0,011	-0,035	0,036
PC01	721716,766	7702003,823	653,058	0,005	-0,007	-0,026	0,027
PC02	721752,648	7702106,344	652,221	0,001	-0,005	-0,038	0,038
PC03	721777,827	7702041,898	652,539	-0,003	0,002	-0,051	0,051
PC04	721715,974	7702020,997	652,802	-0,002	-0,016	-0,024	0,029
PC05	721725,943	7702072,756	652,292	-0,002	0,005	-0,014	0,015
PC06	721757,089	7702055,261	652,336	-0,010	0,003	-0,052	0,053
PC07	721716,635	7701966,066	653,166	0,004	-0,008	-0,033	0,034
PC08	721702,360	7701943,415	653,410	-0,004	-0,001	-0,022	0,023
PC09	721786,983	7702134,908	652,107	-0,013	0,005	-0,054	0,056
PC10	721719,929	7702049,745	652,443	-0,002	-0,008	-0,049	0,050
PC11	721712,928	7701917,898	653,528	-0,005	0,000	-0,030	0,030
PC12	721767,363	7702120,934	652,198	-0,001	0,009	-0,024	0,026
PC13	721668,982	7701940,504	653,605	0,005	-0,009	-0,010	0,014
PC14	721694,321	7701976,214	653,277	0,006	-0,011	-0,035	0,038
PC15	721782,138	7702113,734	652,210	-0,011	0,017	-0,051	0,055
PC17	721700,622	7702004,848	653,009	-0,002	0,003	-0,041	0,041
PC18	721784,564	7702060,133	652,359	-0,016	-0,009	-0,021	0,028
PC20	721719,894	7701934,706	653,543	-0,007	-0,014	-0,009	0,018
PC21	721757,030	7702079,509	652,177	-0,005	0,017	-0,056	0,059
PC22	721766,660	7702141,056	652,125	-0,004	0,007	-0,033	0,034
PC23	721767,907	7702025,656	652,773	0,011	-0,007	-0,066	0,067
PC26	721742,778	7702037,679	652,495	-0,014	-0,003	-0,029	0,033
PC27	721675,584	7701958,206	653,469	-0,004	-0,012	-0,016	0,020
PC28	721736,341	7702090,632	652,261	-0,015	-0,014	-0,025	0,032
PC29	721798,875	7702084,528	652,254	-0,014	0,006	-0,035	0,038
PC30	721732,673	7702012,245	652,791	-0,006	-0,001	-0,046	0,047
PC31	721817,646	7702139,791	652,210	-0,026	0,021	-0,028	0,044
PC32	721770,295	7702099,777	652,267	0,007	-0,001	-0,027	0,028
PC35	721810,767	7702115,920	652,090	0,001	0,011	-0,055	0,056
PC36	721778,931	7702158,029	651,930	-0,009	0,002	-0,029	0,030
PC37	721800,936	7702146,560	652,146	-0,003	-0,003	-0,037	0,038
PC39	721754,303	7702001,697	652,908	0,001	-0,015	-0,021	0,026
PC40	721743,475	7701978,318	653,080	0,002	0,007	-0,031	0,032
			Média:	0,007	0,008	0,034	0,037

Tabela 29 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação **N-S-S-S**

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,256	7702055,189	652,253	0,000	-0,008	-0,047	0,048
PC01	721716,762	7702003,820	653,049	0,001	-0,010	-0,035	0,037
PC02	721752,649	7702106,349	652,232	0,002	0,000	-0,027	0,027
PC03	721777,820	7702041,892	652,554	-0,010	-0,004	-0,036	0,037
PC04	721715,973	7702021,000	652,787	-0,003	-0,013	-0,039	0,041
PC05	721725,938	7702072,755	652,268	-0,007	0,004	-0,038	0,038
PC06	721757,092	7702055,260	652,351	-0,007	0,002	-0,037	0,038
PC07	721716,634	7701966,073	653,164	0,003	-0,001	-0,035	0,035
PC08	721702,360	7701943,416	653,406	-0,004	0,000	-0,026	0,026
PC09	721786,984	7702134,903	652,106	-0,012	0,000	-0,055	0,057
PC10	721719,932	7702049,746	652,448	0,001	-0,007	-0,044	0,045
PC11	721712,927	7701917,898	653,542	-0,006	0,000	-0,016	0,017
PC12	721767,359	7702120,941	652,181	-0,005	0,016	-0,041	0,044
PC13	721668,981	7701940,502	653,615	0,004	-0,011	0,000	0,012
PC14	721694,320	7701976,210	653,280	0,005	-0,015	-0,032	0,035
PC15	721782,130	7702113,733	652,217	-0,019	0,016	-0,044	0,050
PC17	721700,616	7702004,851	653,008	-0,008	0,006	-0,042	0,043
PC18	721784,574	7702060,138	652,358	-0,006	-0,004	-0,022	0,023
PC20	721719,897	7701934,702	653,537	-0,004	-0,018	-0,015	0,024
PC21	721757,023	7702079,510	652,183	-0,012	0,018	-0,050	0,054
PC22	721766,662	7702141,055	652,123	-0,002	0,006	-0,035	0,035
PC23	721767,897	7702025,659	652,795	0,001	-0,004	-0,044	0,044
PC26	721742,778	7702037,673	652,491	-0,014	-0,009	-0,033	0,037
PC27	721675,585	7701958,205	653,486	-0,003	-0,013	0,001	0,013
PC28	721736,342	7702090,632	652,280	-0,014	-0,014	-0,006	0,021
PC29	721798,870	7702084,527	652,284	-0,019	0,005	-0,005	0,020
PC30	721732,675	7702012,247	652,816	-0,004	0,001	-0,021	0,021
PC31	721817,642	7702139,789	652,227	-0,030	0,019	-0,011	0,037
PC32	721770,300	7702099,774	652,279	0,012	-0,004	-0,015	0,020
PC35	721810,770	7702115,914	652,116	0,004	0,005	-0,029	0,030
PC36	721778,933	7702158,029	651,930	-0,007	0,002	-0,029	0,030
PC37	721800,940	7702146,557	652,167	0,001	-0,006	-0,016	0,017
PC39	721754,301	7702001,698	652,909	-0,001	-0,014	-0,020	0,024
PC40	721743,470	7701978,315	653,086	-0,003	0,004	-0,025	0,026
			Média:	0,007	0,008	0,029	0,033

Tabela 30 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-S-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,253	7702055,187	652,278	-0,003	-0,010	-0,022	0,024
PC01	721716,763	7702003,813	653,076	0,002	-0,017	-0,008	0,019
PC02	721752,644	7702106,349	652,234	-0,003	0,000	-0,025	0,025
PC03	721777,829	7702041,890	652,564	-0,001	-0,006	-0,026	0,026
PC04	721715,974	7702020,995	652,806	-0,002	-0,018	-0,020	0,027
PC05	721725,941	7702072,748	652,289	-0,004	-0,003	-0,017	0,017
PC06	721757,093	7702055,263	652,366	-0,006	0,005	-0,022	0,023
PC07	721716,629	7701966,066	653,183	-0,002	-0,008	-0,016	0,018
PC08	721702,363	7701943,415	653,425	-0,001	-0,001	-0,007	0,007
PC09	721786,984	7702134,905	652,120	-0,012	0,002	-0,041	0,042
PC10	721719,928	7702049,733	652,463	-0,003	-0,020	-0,029	0,035
PC11	721712,932	7701917,877	653,546	-0,001	-0,021	-0,012	0,024
PC12	721767,363	7702120,935	652,216	-0,001	0,010	-0,006	0,011
PC13	721668,986	7701940,492	653,620	0,009	-0,021	0,005	0,023
PC14	721694,318	7701976,214	653,282	0,003	-0,011	-0,030	0,032
PC15	721782,128	7702113,727	652,235	-0,021	0,010	-0,026	0,035
PC17	721700,628	7702004,844	653,013	0,004	-0,001	-0,037	0,037
PC18	721784,570	7702060,138	652,368	-0,010	-0,004	-0,012	0,016
PC20	721719,903	7701934,707	653,542	0,002	-0,013	-0,010	0,017
PC21	721757,026	7702079,509	652,201	-0,009	0,017	-0,032	0,037
PC22	721766,654	7702141,052	652,131	-0,010	0,003	-0,027	0,029
PC23	721767,897	7702025,664	652,821	0,001	0,001	-0,018	0,018
PC26	721742,784	7702037,668	652,512	-0,008	-0,014	-0,012	0,020
PC27	721675,583	7701958,208	653,500	-0,005	-0,010	0,015	0,019
PC28	721736,340	7702090,633	652,273	-0,016	-0,013	-0,013	0,024
PC29	721798,866	7702084,527	652,300	-0,023	0,005	0,011	0,026
PC30	721732,667	7702012,252	652,838	-0,012	0,006	0,001	0,013
PC31	721817,648	7702139,790	652,250	-0,024	0,020	0,012	0,033
PC32	721770,298	7702099,776	652,300	0,010	-0,002	0,006	0,012
PC35	721810,774	7702115,918	652,107	0,008	0,009	-0,038	0,040
PC36	721778,938	7702158,031	651,919	-0,002	0,004	-0,040	0,040
PC37	721800,941	7702146,558	652,171	0,002	-0,005	-0,012	0,013
PC39	721754,316	7702001,691	652,939	0,014	-0,021	0,010	0,027
PC40	721743,476	7701978,312	653,090	0,003	0,001	-0,021	0,021
			Média:	0,007	0,009	0,019	0,025

Tabela 31 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-N-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,257	7702055,187	652,280	0,001	-0,010	-0,020	0,022
PC01	721716,768	7702003,822	653,046	0,007	-0,008	-0,038	0,040
PC02	721752,644	7702106,347	652,216	-0,003	-0,002	-0,043	0,043
PC03	721777,827	7702041,894	652,565	-0,003	-0,002	-0,025	0,025
PC04	721715,974	7702021,003	652,791	-0,002	-0,010	-0,035	0,037
PC05	721725,942	7702072,753	652,285	-0,003	0,002	-0,021	0,021
PC06	721757,093	7702055,261	652,370	-0,006	0,003	-0,018	0,019
PC07	721716,629	7701966,071	653,186	-0,002	-0,003	-0,013	0,014
PC08	721702,362	7701943,416	653,417	-0,002	0,000	-0,015	0,016
PC09	721786,984	7702134,900	652,121	-0,012	-0,003	-0,040	0,042
PC10	721719,930	7702049,750	652,447	-0,001	-0,003	-0,045	0,045
PC11	721712,926	7701917,894	653,549	-0,007	-0,004	-0,009	0,012
PC12	721767,360	7702120,941	652,192	-0,004	0,016	-0,030	0,035
PC13	721668,982	7701940,500	653,603	0,005	-0,013	-0,012	0,018
PC14	721694,321	7701976,218	653,277	0,006	-0,007	-0,035	0,036
PC15	721782,136	7702113,727	652,227	-0,013	0,010	-0,034	0,038
PC17	721700,614	7702004,853	652,992	-0,010	0,008	-0,058	0,059
PC18	721784,574	7702060,139	652,383	-0,006	-0,003	0,003	0,007
PC20	721719,901	7701934,704	653,530	0,000	-0,016	-0,022	0,028
PC21	721757,026	7702079,506	652,213	-0,009	0,014	-0,020	0,026
PC22	721766,665	7702141,057	652,111	0,001	0,008	-0,047	0,048
PC23	721767,909	7702025,654	652,789	0,013	-0,009	-0,050	0,052
PC26	721742,781	7702037,679	652,510	-0,011	-0,003	-0,014	0,018
PC27	721675,582	7701958,208	653,470	-0,006	-0,010	-0,015	0,019
PC28	721736,338	7702090,634	652,252	-0,018	-0,012	-0,034	0,040
PC29	721798,865	7702084,527	652,297	-0,024	0,005	0,008	0,026
PC30	721732,672	7702012,249	652,835	-0,007	0,003	-0,002	0,008
PC31	721817,647	7702139,788	652,234	-0,025	0,018	-0,004	0,031
PC32	721770,298	7702099,782	652,271	0,010	0,004	-0,023	0,025
PC35	721810,775	7702115,918	652,123	0,009	0,009	-0,022	0,026
PC36	721778,937	7702158,026	651,929	-0,003	-0,001	-0,030	0,031
PC37	721800,938	7702146,562	652,159	-0,001	-0,001	-0,024	0,024
PC39	721754,304	7702001,702	652,925	0,002	-0,010	-0,004	0,011
PC40	721743,473	7701978,315	653,094	0,000	0,004	-0,017	0,017
			Média:	0,007	0,007	0,024	0,028

Tabela 32 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-S-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,255	7702055,183	652,261	-0,001	-0,014	-0,039	0,042
PC01	721716,767	7702003,815	653,052	0,006	-0,015	-0,032	0,035
PC02	721752,645	7702106,340	652,214	-0,002	-0,009	-0,045	0,046
PC03	721777,827	7702041,891	652,568	-0,003	-0,005	-0,022	0,023
PC04	721715,974	7702020,992	652,785	-0,002	-0,021	-0,041	0,046
PC05	721725,948	7702072,752	652,277	0,003	0,001	-0,029	0,029
PC06	721757,091	7702055,261	652,350	-0,008	0,003	-0,038	0,039
PC07	721716,634	7701966,066	653,166	0,003	-0,008	-0,033	0,034
PC08	721702,359	7701943,419	653,424	-0,005	0,003	-0,008	0,010
PC09	721786,981	7702134,901	652,124	-0,015	-0,002	-0,037	0,040
PC10	721719,940	7702049,743	652,452	0,009	-0,010	-0,040	0,042
PC11	721712,927	7701917,885	653,538	-0,006	-0,013	-0,020	0,025
PC12	721767,363	7702120,939	652,203	-0,001	0,014	-0,019	0,024
PC13	721668,985	7701940,504	653,596	0,008	-0,009	-0,019	0,022
PC14	721694,317	7701976,212	653,290	0,002	-0,013	-0,022	0,025
PC15	721782,130	7702113,729	652,225	-0,019	0,012	-0,036	0,043
PC17	721700,638	7702004,841	653,008	0,014	-0,004	-0,042	0,045
PC18	721784,568	7702060,131	652,371	-0,012	-0,011	-0,009	0,019
PC20	721719,901	7701934,706	653,551	0,000	-0,014	-0,001	0,014
PC21	721757,023	7702079,510	652,167	-0,012	0,018	-0,066	0,069
PC22	721766,652	7702141,056	652,129	-0,012	0,007	-0,029	0,032
PC23	721767,902	7702025,662	652,790	0,006	-0,001	-0,049	0,049
PC26	721742,788	7702037,670	652,486	-0,004	-0,012	-0,038	0,040
PC27	721675,585	7701958,207	653,473	-0,003	-0,011	-0,012	0,017
PC28	721736,337	7702090,624	652,251	-0,019	-0,022	-0,035	0,046
PC29	721798,871	7702084,526	652,282	-0,018	0,004	-0,007	0,020
PC30	721732,663	7702012,257	652,821	-0,016	0,011	-0,016	0,025
PC31	721817,650	7702139,789	652,220	-0,022	0,019	-0,018	0,034
PC32	721770,303	7702099,772	652,276	0,015	-0,006	-0,018	0,024
PC35	721810,772	7702115,913	652,115	0,006	0,004	-0,030	0,031
PC36	721778,938	7702158,033	651,924	-0,002	0,006	-0,035	0,035
PC37	721800,942	7702146,562	652,165	0,003	-0,001	-0,018	0,018
PC39	721754,310	7702001,691	652,921	0,008	-0,021	-0,008	0,024
PC40	721743,474	7701978,312	653,089	0,001	0,001	-0,022	0,022
			Média:	0,008	0,010	0,027	0,032

Tabela 33 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação **N-N-N-S**

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,251	7702055,190	652,289	-0,005	-0,007	-0,011	0,014
PC01	721716,763	7702003,820	653,055	0,002	-0,010	-0,029	0,031
PC02	721752,647	7702106,341	652,226	0,000	-0,008	-0,033	0,034
PC03	721777,826	7702041,890	652,579	-0,004	-0,006	-0,011	0,013
PC04	721715,975	7702021,001	652,790	-0,001	-0,012	-0,036	0,038
PC05	721725,938	7702072,746	652,290	-0,007	-0,005	-0,016	0,018
PC06	721757,089	7702055,260	652,378	-0,010	0,002	-0,010	0,014
PC07	721716,640	7701966,064	653,180	0,009	-0,010	-0,019	0,024
PC08	721702,367	7701943,415	653,427	0,003	-0,001	-0,005	0,006
PC09	721786,982	7702134,900	652,116	-0,014	-0,003	-0,045	0,047
PC10	721719,927	7702049,735	652,463	-0,004	-0,018	-0,029	0,034
PC11	721712,933	7701917,887	653,561	0,000	-0,011	0,003	0,011
PC12	721767,358	7702120,942	652,193	-0,006	0,017	-0,029	0,034
PC13	721668,977	7701940,501	653,613	0,000	-0,012	-0,002	0,012
PC14	721694,317	7701976,217	653,283	0,002	-0,008	-0,029	0,030
PC15	721782,132	7702113,736	652,231	-0,017	0,019	-0,030	0,039
PC17	721700,635	7702004,845	653,011	0,011	0,000	-0,039	0,041
PC18	721784,574	7702060,133	652,380	-0,006	-0,009	0,000	0,011
PC20	721719,903	7701934,708	653,553	0,002	-0,012	0,001	0,012
PC21	721757,030	7702079,511	652,212	-0,005	0,019	-0,021	0,029
PC22	721766,653	7702141,052	652,113	-0,011	0,003	-0,045	0,046
PC23	721767,906	7702025,664	652,811	0,010	0,001	-0,028	0,030
PC26	721742,786	7702037,671	652,521	-0,006	-0,011	-0,003	0,013
PC27	721675,581	7701958,207	653,476	-0,007	-0,011	-0,009	0,016
PC28	721736,334	7702090,627	652,253	-0,022	-0,019	-0,033	0,044
PC29	721798,867	7702084,530	652,317	-0,022	0,008	0,028	0,037
PC30	721732,669	7702012,247	652,829	-0,010	0,001	-0,008	0,013
PC31	721817,645	7702139,794	652,244	-0,027	0,024	0,006	0,037
PC32	721770,295	7702099,777	652,278	0,007	-0,001	-0,016	0,017
PC35	721810,777	7702115,920	652,145	0,011	0,011	0,000	0,016
PC36	721778,932	7702158,026	651,915	-0,008	-0,001	-0,044	0,044
PC37	721800,942	7702146,567	652,156	0,003	0,004	-0,027	0,028
PC39	721754,315	7702001,697	652,932	0,013	-0,015	0,003	0,020
PC40	721743,479	7701978,312	653,105	0,006	0,001	-0,006	0,008
			Média:	0,008	0,009	0,019	0,025

Tabela 34 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-N-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,694	7702338,309	656,431	0,001	0,000	-0,029	0,029
PC01	722219,330	7702208,352	660,707	-0,009	-0,011	-0,032	0,035
PC02	722249,682	7702327,588	656,249	-0,002	0,007	-0,072	0,073
PC03	722261,690	7702286,681	656,430	-0,006	0,000	-0,028	0,029
PC04	722244,672	7702256,515	660,876	0,005	-0,002	-0,027	0,027
PC05	722240,169	7702307,210	656,198	-0,004	0,000	-0,037	0,037
PC06	722315,095	7702308,374	656,229	-0,009	0,000	-0,052	0,053
PC07	722182,717	7702225,216	660,865	-0,015	0,008	-0,055	0,058
PC08	722184,345	7702245,200	660,941	-0,010	-0,004	-0,042	0,043
PC10	722310,568	7702356,288	656,374	-0,007	-0,009	0,001	0,011
PC12	722266,864	7702349,887	656,227	-0,012	0,011	-0,055	0,057
PC13	722217,390	7702242,589	660,663	0,002	0,004	-0,024	0,024
PC14	722282,916	7702268,271	656,801	-0,013	0,003	-0,034	0,037
PC15	722280,337	7702318,237	656,240	0,005	0,002	-0,035	0,035
PC16	722198,207	7702227,425	660,902	-0,013	-0,004	-0,060	0,062
PC17	722278,272	7702366,691	656,239	-0,016	0,002	-0,036	0,040
PC18	722304,825	7702294,958	656,422	-0,012	0,007	-0,003	0,014
PC19	722206,049	7702263,813	660,674	-0,004	0,003	-0,030	0,031
PC21	722269,310	7702310,862	656,136	-0,015	-0,009	0,000	0,017
PC23	722289,948	7702329,938	656,140	-0,004	0,001	-0,020	0,021
PC24	722324,675	7702326,504	656,375	0,013	0,012	-0,036	0,040
PC25	722218,162	7702275,970	660,493	-0,008	0,001	-0,006	0,010
PC26	722244,651	7702222,231	660,630	-0,010	-0,011	-0,066	0,067
PC27	722261,773	7702243,543	661,224	-0,009	-0,003	-0,067	0,068
PC28	722234,329	7702242,840	660,826	-0,006	-0,002	-0,040	0,041
PC30	722243,451	7702281,401	656,528	-0,007	0,003	-0,048	0,049
PC31	722294,507	7702283,454	656,232	-0,013	-0,003	-0,009	0,016
PC32	722195,557	7702195,686	660,747	-0,004	-0,005	-0,070	0,070
PC33	722178,183	7702212,836	660,718	-0,032	-0,001	-0,111	0,115
PC35	722265,499	7702332,429	656,185	0,005	0,002	-0,024	0,025
PC36	722199,543	7702206,142	660,936	-0,009	0,001	-0,048	0,048
PC37	722226,423	7702223,465	660,582	0,006	-0,011	-0,074	0,075
PC38	722202,667	7702243,795	660,789	0,001	0,002	-0,059	0,059
PC39	722273,911	7702258,830	656,995	-0,004	-0,002	-0,001	0,005
PC40	722244,825	7702293,704	656,477	0,009	-0,003	-0,025	0,027
PC41	722296,133	7702351,440	656,246	-0,011	0,003	-0,006	0,013
Média:				0,009	0,004	0,038	0,041

Tabela 35 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,700	7702338,315	656,434	0,007	0,006	-0,026	0,028
PC01	722219,330	7702208,350	660,678	-0,009	-0,013	-0,061	0,063
PC02	722249,676	7702327,583	656,270	-0,008	0,002	-0,051	0,052
PC03	722261,694	7702286,669	656,424	-0,002	-0,012	-0,034	0,036
PC04	722244,666	7702256,517	660,845	-0,001	0,000	-0,058	0,058
PC05	722240,174	7702307,207	656,197	0,001	-0,003	-0,038	0,038
PC06	722315,095	7702308,372	656,222	-0,009	-0,002	-0,059	0,060
PC07	722182,727	7702225,206	660,847	-0,005	-0,002	-0,073	0,074
PC08	722184,344	7702245,202	660,935	-0,011	-0,002	-0,048	0,050
PC10	722310,562	7702356,295	656,359	-0,013	-0,002	-0,014	0,019
PC12	722266,864	7702349,887	656,215	-0,012	0,011	-0,067	0,069
PC13	722217,380	7702242,589	660,657	-0,008	0,004	-0,030	0,031
PC14	722282,915	7702268,264	656,790	-0,014	-0,004	-0,045	0,047
PC15	722280,330	7702318,241	656,235	-0,002	0,006	-0,040	0,041
PC16	722198,200	7702227,422	660,916	-0,020	-0,007	-0,046	0,050
PC17	722278,271	7702366,690	656,244	-0,017	0,001	-0,031	0,036
PC18	722304,827	7702294,958	656,397	-0,010	0,007	-0,028	0,031
PC19	722206,057	7702263,799	660,639	0,004	-0,011	-0,065	0,066
PC21	722269,303	7702310,852	656,124	-0,022	-0,019	-0,012	0,032
PC23	722289,945	7702329,934	656,113	-0,007	-0,003	-0,047	0,047
PC24	722324,662	7702326,502	656,374	0,000	0,010	-0,037	0,038
PC25	722218,155	7702275,971	660,479	-0,015	0,002	-0,020	0,025
PC26	722244,658	7702222,238	660,633	-0,003	-0,004	-0,063	0,063
PC27	722261,777	7702243,536	661,217	-0,005	-0,010	-0,074	0,075
PC28	722234,330	7702242,837	660,795	-0,005	-0,005	-0,071	0,072
PC30	722243,452	7702281,404	656,532	-0,006	0,006	-0,044	0,044
PC31	722294,505	7702283,454	656,210	-0,015	-0,003	-0,031	0,035
PC32	722195,555	7702195,678	660,749	-0,006	-0,013	-0,068	0,070
PC33	722178,193	7702212,841	660,709	-0,022	0,004	-0,120	0,122
PC35	722265,495	7702332,429	656,189	0,001	0,002	-0,020	0,020
PC36	722199,546	7702206,139	660,950	-0,006	-0,002	-0,034	0,034
PC37	722226,410	7702223,467	660,568	-0,007	-0,009	-0,088	0,089
PC38	722202,659	7702243,787	660,794	-0,007	-0,006	-0,054	0,055
PC39	722273,916	7702258,828	656,996	0,001	-0,004	0,000	0,004
PC40	722244,828	7702293,703	656,460	0,012	-0,004	-0,042	0,044
PC41	722296,137	7702351,436	656,245	-0,007	-0,001	-0,007	0,010
			Média:	0,008	0,006	0,046	0,048

Tabela 36 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-S-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,695	7702338,314	656,428	0,002	0,005	-0,032	0,033
PC01	722219,328	7702208,349	660,671	-0,011	-0,014	-0,068	0,071
PC02	722249,673	7702327,586	656,256	-0,011	0,005	-0,065	0,066
PC03	722261,691	7702286,674	656,444	-0,005	-0,007	-0,014	0,016
PC04	722244,664	7702256,513	660,855	-0,003	-0,004	-0,048	0,048
PC05	722240,165	7702307,204	656,218	-0,008	-0,006	-0,017	0,019
PC06	722315,097	7702308,367	656,244	-0,007	-0,007	-0,037	0,038
PC07	722182,728	7702225,205	660,874	-0,004	-0,003	-0,046	0,046
PC08	722184,354	7702245,204	660,956	-0,001	0,000	-0,027	0,027
PC10	722310,567	7702356,292	656,374	-0,008	-0,005	0,001	0,010
PC12	722266,864	7702349,888	656,239	-0,012	0,012	-0,043	0,046
PC13	722217,381	7702242,586	660,653	-0,007	0,001	-0,034	0,035
PC14	722282,917	7702268,266	656,808	-0,012	-0,002	-0,027	0,029
PC15	722280,332	7702318,237	656,245	0,000	0,002	-0,030	0,030
PC16	722198,205	7702227,421	660,909	-0,015	-0,008	-0,053	0,056
PC17	722278,271	7702366,690	656,249	-0,017	0,001	-0,026	0,031
PC18	722304,826	7702294,955	656,423	-0,011	0,004	-0,002	0,012
PC19	722206,052	7702263,806	660,652	-0,001	-0,004	-0,052	0,052
PC21	722269,307	7702310,854	656,121	-0,018	-0,017	-0,015	0,029
PC23	722289,948	7702329,940	656,135	-0,004	0,003	-0,025	0,026
PC24	722324,665	7702326,496	656,376	0,003	0,004	-0,035	0,036
PC25	722218,152	7702275,971	660,473	-0,018	0,002	-0,026	0,032
PC26	722244,653	7702222,237	660,611	-0,008	-0,005	-0,085	0,086
PC27	722261,772	7702243,534	661,201	-0,010	-0,012	-0,090	0,092
PC28	722234,326	7702242,840	660,783	-0,009	-0,002	-0,083	0,083
PC30	722243,454	7702281,393	656,548	-0,004	-0,005	-0,028	0,029
PC31	722294,502	7702283,450	656,234	-0,018	-0,007	-0,007	0,021
PC32	722195,561	7702195,681	660,735	0,000	-0,010	-0,082	0,082
PC33	722178,191	7702212,840	660,726	-0,024	0,003	-0,103	0,105
PC35	722265,494	7702332,425	656,199	0,000	-0,002	-0,010	0,011
PC36	722199,546	7702206,142	660,955	-0,006	0,001	-0,029	0,029
PC37	722226,409	7702223,479	660,585	-0,008	0,003	-0,071	0,071
PC38	722202,653	7702243,796	660,780	-0,013	0,003	-0,068	0,069
PC39	722273,907	7702258,829	656,984	-0,008	-0,003	-0,012	0,014
PC40	722244,818	7702293,705	656,479	0,002	-0,002	-0,023	0,023
PC41	722296,140	7702351,439	656,230	-0,004	0,002	-0,022	0,023
			Média:	0,008	0,005	0,040	0,042

Tabela 37 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,693	7702338,315	656,408	0,000	0,006	-0,052	0,052
PC01	722219,332	7702208,347	660,674	-0,007	-0,016	-0,065	0,068
PC02	722249,681	7702327,582	656,312	-0,003	0,001	-0,009	0,010
PC03	722261,691	7702286,669	656,459	-0,005	-0,012	0,001	0,013
PC04	722244,669	7702256,511	660,849	0,002	-0,006	-0,054	0,055
PC05	722240,167	7702307,200	656,221	-0,006	-0,010	-0,014	0,018
PC06	722315,092	7702308,371	656,246	-0,012	-0,003	-0,035	0,037
PC07	722182,728	7702225,202	660,847	-0,004	-0,006	-0,073	0,073
PC08	722184,352	7702245,203	660,947	-0,003	-0,001	-0,036	0,036
PC10	722310,568	7702356,294	656,391	-0,007	-0,003	0,018	0,020
PC12	722266,866	7702349,889	656,215	-0,010	0,013	-0,067	0,069
PC13	722217,378	7702242,582	660,684	-0,010	-0,003	-0,003	0,011
PC14	722282,914	7702268,269	656,804	-0,015	0,001	-0,031	0,034
PC15	722280,331	7702318,237	656,256	-0,001	0,002	-0,019	0,019
PC16	722198,197	7702227,423	660,935	-0,023	-0,006	-0,027	0,036
PC17	722278,270	7702366,696	656,245	-0,018	0,007	-0,030	0,036
PC18	722304,824	7702294,956	656,430	-0,013	0,005	0,005	0,015
PC19	722206,053	7702263,803	660,693	0,000	-0,007	-0,011	0,013
PC21	722269,306	7702310,848	656,150	-0,019	-0,023	0,014	0,033
PC23	722289,943	7702329,947	656,121	-0,009	0,010	-0,039	0,041
PC24	722324,666	7702326,501	656,407	0,004	0,009	-0,004	0,011
PC25	722218,151	7702275,965	660,473	-0,019	-0,004	-0,026	0,033
PC26	722244,657	7702222,237	660,642	-0,004	-0,005	-0,054	0,054
PC27	722261,772	7702243,538	661,206	-0,010	-0,008	-0,085	0,086
PC28	722234,325	7702242,838	660,740	-0,010	-0,004	-0,126	0,127
PC30	722243,451	7702281,400	656,561	-0,007	0,002	-0,015	0,017
PC31	722294,508	7702283,451	656,245	-0,012	-0,006	0,004	0,014
PC32	722195,559	7702195,680	660,762	-0,002	-0,011	-0,055	0,056
PC33	722178,194	7702212,847	660,713	-0,021	0,010	-0,116	0,118
PC35	722265,495	7702332,425	656,203	0,001	-0,002	-0,006	0,007
PC36	722199,541	7702206,137	660,974	-0,011	-0,004	-0,010	0,016
PC37	722226,413	7702223,475	660,593	-0,004	-0,001	-0,063	0,063
PC38	722202,658	7702243,793	660,807	-0,008	0,000	-0,041	0,042
PC39	722273,904	7702258,828	656,990	-0,011	-0,004	-0,006	0,013
PC40	722244,827	7702293,698	656,503	0,011	-0,009	0,001	0,014
PC41	722296,138	7702351,438	656,238	-0,006	0,001	-0,014	0,015
			Média:	0,009	0,006	0,034	0,038

Tabela 38 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-S-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,695	7702338,320	656,428	0,002	0,011	-0,032	0,034
PC01	722219,329	7702208,350	660,703	-0,010	-0,013	-0,036	0,040
PC02	722249,683	7702327,590	656,285	-0,001	0,009	-0,036	0,037
PC03	722261,681	7702286,679	656,454	-0,015	-0,002	-0,004	0,016
PC04	722244,668	7702256,515	660,861	0,001	-0,002	-0,042	0,042
PC05	722240,169	7702307,206	656,232	-0,004	-0,004	-0,003	0,006
PC06	722315,091	7702308,367	656,266	-0,013	-0,007	-0,015	0,021
PC07	722182,721	7702225,211	660,884	-0,011	0,003	-0,036	0,037
PC08	722184,346	7702245,208	660,958	-0,009	0,004	-0,025	0,027
PC10	722310,570	7702356,285	656,382	-0,005	-0,012	0,009	0,016
PC12	722266,864	7702349,886	656,233	-0,012	0,010	-0,049	0,051
PC13	722217,382	7702242,586	660,672	-0,006	0,001	-0,015	0,016
PC14	722282,917	7702268,265	656,829	-0,012	-0,003	-0,006	0,014
PC15	722280,329	7702318,244	656,275	-0,003	0,009	0,000	0,009
PC16	722198,209	7702227,424	660,948	-0,011	-0,005	-0,014	0,018
PC17	722278,274	7702366,697	656,276	-0,014	0,008	0,001	0,016
PC18	722304,824	7702294,957	656,447	-0,013	0,006	0,022	0,027
PC19	722206,049	7702263,808	660,714	-0,004	-0,002	0,010	0,011
PC21	722269,306	7702310,862	656,145	-0,019	-0,009	0,009	0,023
PC23	722289,950	7702329,944	656,148	-0,002	0,007	-0,012	0,014
PC24	722324,669	7702326,497	656,415	0,007	0,005	0,004	0,009
PC25	722218,156	7702275,966	660,475	-0,014	-0,003	-0,024	0,028
PC26	722244,649	7702222,229	660,659	-0,012	-0,013	-0,037	0,041
PC27	722261,782	7702243,534	661,216	0,000	-0,012	-0,075	0,076
PC28	722234,325	7702242,830	660,809	-0,010	-0,012	-0,057	0,060
PC30	722243,449	7702281,396	656,539	-0,009	-0,002	-0,037	0,038
PC31	722294,503	7702283,446	656,242	-0,017	-0,011	0,001	0,020
PC32	722195,556	7702195,680	660,748	-0,005	-0,011	-0,069	0,070
PC33	722178,185	7702212,832	660,738	-0,030	-0,005	-0,091	0,096
PC35	722265,498	7702332,433	656,186	0,004	0,006	-0,023	0,024
PC36	722199,546	7702206,144	660,959	-0,006	0,003	-0,025	0,026
PC37	722226,415	7702223,473	660,589	-0,002	-0,003	-0,067	0,067
PC38	722202,656	7702243,788	660,795	-0,010	-0,005	-0,053	0,054
PC39	722273,912	7702258,822	656,994	-0,003	-0,010	-0,002	0,011
PC40	722244,815	7702293,702	656,500	-0,001	-0,005	-0,002	0,005
PC41	722296,132	7702351,443	656,233	-0,012	0,006	-0,019	0,023
Média:				0,009	0,007	0,027	0,031

Tabela 39 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,697	7702338,311	656,435	0,004	0,002	-0,025	0,026
PC01	722219,333	7702208,347	660,709	-0,006	-0,016	-0,030	0,035
PC02	722249,682	7702327,584	656,281	-0,002	0,003	-0,040	0,040
PC03	722261,690	7702286,668	656,439	-0,006	-0,013	-0,019	0,024
PC04	722244,668	7702256,508	660,867	0,001	-0,009	-0,036	0,037
PC05	722240,169	7702307,209	656,194	-0,004	-0,001	-0,041	0,041
PC06	722315,093	7702308,372	656,239	-0,011	-0,002	-0,042	0,043
PC07	722182,734	7702225,203	660,896	0,002	-0,005	-0,024	0,024
PC08	722184,353	7702245,203	660,946	-0,002	-0,001	-0,037	0,037
PC10	722310,567	7702356,289	656,388	-0,008	-0,008	0,015	0,018
PC12	722266,869	7702349,885	656,228	-0,007	0,009	-0,054	0,055
PC13	722217,384	7702242,585	660,680	-0,004	0,000	-0,007	0,008
PC14	722282,917	7702268,269	656,806	-0,012	0,001	-0,029	0,031
PC15	722280,330	7702318,236	656,262	-0,002	0,001	-0,013	0,014
PC16	722198,205	7702227,429	660,955	-0,015	0,000	-0,007	0,016
PC17	722278,271	7702366,688	656,257	-0,017	-0,001	-0,018	0,024
PC18	722304,829	7702294,963	656,438	-0,008	0,012	0,013	0,019
PC19	722206,048	7702263,810	660,698	-0,005	0,000	-0,006	0,008
PC21	722269,307	7702310,853	656,142	-0,018	-0,018	0,006	0,026
PC23	722289,947	7702329,938	656,119	-0,005	0,001	-0,041	0,041
PC24	722324,672	7702326,501	656,394	0,010	0,009	-0,017	0,022
PC25	722218,157	7702275,969	660,470	-0,013	0,000	-0,029	0,032
PC26	722244,656	7702222,238	660,663	-0,005	-0,004	-0,033	0,033
PC27	722261,773	7702243,535	661,210	-0,009	-0,011	-0,081	0,083
PC28	722234,328	7702242,842	660,762	-0,007	0,000	-0,104	0,105
PC30	722243,454	7702281,403	656,548	-0,004	0,005	-0,028	0,029
PC31	722294,511	7702283,454	656,226	-0,009	-0,003	-0,015	0,018
PC32	722195,555	7702195,682	660,768	-0,006	-0,009	-0,049	0,050
PC33	722178,186	7702212,848	660,740	-0,029	0,011	-0,089	0,094
PC35	722265,493	7702332,426	656,178	-0,001	-0,001	-0,031	0,031
PC36	722199,545	7702206,145	660,966	-0,007	0,004	-0,018	0,020
PC37	722226,410	7702223,476	660,610	-0,007	0,000	-0,046	0,047
PC38	722202,655	7702243,793	660,800	-0,011	0,000	-0,048	0,049
PC39	722273,910	7702258,827	656,989	-0,005	-0,005	-0,007	0,010
PC40	722244,820	7702293,707	656,497	0,004	0,000	-0,005	0,006
PC41	722296,134	7702351,437	656,245	-0,010	0,000	-0,007	0,012
			Média:	0,008	0,005	0,031	0,034

Tabela 40 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-S-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,695	7702338,319	656,429	0,002	0,010	-0,031	0,032
PC01	722219,334	7702208,356	660,672	-0,005	-0,007	-0,067	0,068
PC02	722249,680	7702327,591	656,272	-0,004	0,010	-0,049	0,050
PC03	722261,682	7702286,677	656,441	-0,014	-0,004	-0,017	0,022
PC04	722244,670	7702256,514	660,846	0,003	-0,003	-0,057	0,057
PC05	722240,162	7702307,208	656,204	-0,011	-0,002	-0,031	0,033
PC06	722315,094	7702308,369	656,239	-0,010	-0,005	-0,042	0,043
PC07	722182,723	7702225,217	660,873	-0,009	0,009	-0,047	0,049
PC08	722184,346	7702245,200	660,956	-0,009	-0,004	-0,027	0,029
PC10	722310,573	7702356,289	656,390	-0,002	-0,008	0,017	0,019
PC12	722266,870	7702349,892	656,223	-0,006	0,016	-0,059	0,061
PC13	722217,381	7702242,587	660,659	-0,007	0,002	-0,028	0,029
PC14	722282,914	7702268,266	656,805	-0,015	-0,002	-0,030	0,034
PC15	722280,330	7702318,238	656,243	-0,002	0,003	-0,032	0,032
PC16	722198,209	7702227,429	660,913	-0,011	0,000	-0,049	0,050
PC17	722278,279	7702366,693	656,244	-0,009	0,004	-0,031	0,032
PC18	722304,823	7702294,958	656,425	-0,014	0,007	0,000	0,016
PC19	722206,048	7702263,813	660,676	-0,005	0,003	-0,028	0,029
PC21	722269,307	7702310,863	656,128	-0,018	-0,008	-0,008	0,021
PC23	722289,951	7702329,944	656,106	-0,001	0,007	-0,054	0,055
PC24	722324,676	7702326,499	656,400	0,014	0,007	-0,011	0,019
PC25	722218,157	7702275,963	660,488	-0,013	-0,006	-0,011	0,018
PC26	722244,647	7702222,230	660,630	-0,014	-0,012	-0,066	0,069
PC27	722261,776	7702243,537	661,211	-0,006	-0,009	-0,080	0,081
PC28	722234,323	7702242,834	660,792	-0,012	-0,008	-0,074	0,076
PC30	722243,446	7702281,405	656,564	-0,012	0,007	-0,012	0,018
PC31	722294,505	7702283,453	656,248	-0,015	-0,004	0,007	0,017
PC32	722195,556	7702195,682	660,749	-0,005	-0,009	-0,068	0,069
PC33	722178,189	7702212,836	660,718	-0,026	-0,001	-0,111	0,114
PC35	722265,501	7702332,428	656,192	0,007	0,001	-0,017	0,018
PC36	722199,541	7702206,147	660,927	-0,011	0,006	-0,057	0,058
PC37	722226,418	7702223,465	660,583	0,001	-0,011	-0,073	0,074
PC38	722202,653	7702243,790	660,800	-0,013	-0,003	-0,048	0,050
PC39	722273,912	7702258,823	656,991	-0,003	-0,009	-0,005	0,011
PC40	722244,815	7702293,704	656,495	-0,001	-0,003	-0,007	0,008
PC41	722296,131	7702351,439	656,237	-0,013	0,002	-0,015	0,020
			Média:	0,009	0,006	0,038	0,041

Tabela 41 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-N-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,696	7702338,308	656,443	0,003	-0,001	-0,017	0,017
PC01	722219,330	7702208,350	660,693	-0,009	-0,013	-0,046	0,049
PC02	722249,678	7702327,585	656,289	-0,006	0,004	-0,032	0,033
PC03	722261,686	7702286,681	656,429	-0,010	0,000	-0,029	0,030
PC04	722244,670	7702256,516	660,877	0,003	-0,001	-0,026	0,026
PC05	722240,173	7702307,206	656,204	0,000	-0,004	-0,031	0,031
PC06	722315,092	7702308,375	656,225	-0,012	0,001	-0,056	0,057
PC07	722182,718	7702225,212	660,908	-0,014	0,004	-0,012	0,019
PC08	722184,347	7702245,202	660,953	-0,008	-0,002	-0,030	0,031
PC10	722310,566	7702356,287	656,368	-0,009	-0,010	-0,005	0,014
PC12	722266,865	7702349,885	656,247	-0,011	0,009	-0,035	0,038
PC13	722217,378	7702242,593	660,663	-0,010	0,008	-0,024	0,027
PC14	722282,913	7702268,272	656,801	-0,016	0,004	-0,034	0,038
PC15	722280,329	7702318,235	656,263	-0,003	0,000	-0,012	0,013
PC16	722198,204	7702227,426	660,958	-0,016	-0,003	-0,004	0,017
PC17	722278,276	7702366,692	656,262	-0,012	0,003	-0,013	0,018
PC18	722304,832	7702294,966	656,436	-0,005	0,015	0,011	0,019
PC19	722206,046	7702263,811	660,687	-0,007	0,001	-0,017	0,018
PC21	722269,314	7702310,860	656,136	-0,011	-0,011	0,000	0,016
PC23	722289,948	7702329,938	656,136	-0,004	0,001	-0,024	0,025
PC24	722324,667	7702326,502	656,401	0,005	0,010	-0,010	0,015
PC25	722218,161	7702275,966	660,474	-0,009	-0,003	-0,025	0,027
PC26	722244,651	7702222,231	660,677	-0,010	-0,011	-0,019	0,024
PC27	722261,779	7702243,537	661,242	-0,003	-0,009	-0,049	0,050
PC28	722234,327	7702242,842	660,791	-0,008	0,000	-0,075	0,075
PC30	722243,450	7702281,407	656,543	-0,008	0,009	-0,033	0,035
PC31	722294,503	7702283,452	656,245	-0,017	-0,005	0,004	0,018
PC32	722195,558	7702195,682	660,784	-0,003	-0,009	-0,033	0,034
PC33	722178,185	7702212,831	660,763	-0,030	-0,006	-0,066	0,072
PC35	722265,499	7702332,423	656,206	0,005	-0,004	-0,003	0,007
PC36	722199,541	7702206,145	660,975	-0,011	0,004	-0,009	0,015
PC37	722226,411	7702223,479	660,601	-0,006	0,003	-0,055	0,055
PC38	722202,653	7702243,794	660,800	-0,013	0,001	-0,048	0,050
PC39	722273,908	7702258,827	656,990	-0,007	-0,005	-0,006	0,010
PC40	722244,815	7702293,706	656,502	-0,001	-0,001	0,000	0,001
PC41	722296,132	7702351,439	656,243	-0,012	0,002	-0,009	0,015
			Média:	0,009	0,005	0,025	0,029

Processamento II

Para o segundo processamento, o ponto “PA09” do campo EFI, que não foi utilizado como ponto de controle, foi reaproveitado como ponto de checagem e renomeado “PC09”.

Tabela 42 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-N-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,267	7702055,201	653,482	0,011	0,004	1,182	1,182
PC01	721716,795	7702003,822	653,758	0,034	-0,008	0,674	0,675
PC02	721752,654	7702106,362	653,160	0,007	0,013	0,901	0,901
PC03	721777,823	7702041,911	652,096	-0,007	0,015	-0,494	0,495
PC04	721715,995	7702021,000	653,852	0,019	-0,013	1,026	1,026
PC05	721725,957	7702072,783	653,802	0,012	0,032	1,496	1,496
PC06	721757,090	7702055,273	652,773	-0,009	0,015	0,385	0,386
PC07	721716,622	7701966,055	652,938	-0,009	-0,019	-0,261	0,262
PC08	721702,352	7701943,414	652,824	-0,012	-0,002	-0,608	0,608
PC09	721786,967	7702134,934	651,901	-0,029	0,031	-0,260	0,264
PC10	721719,935	7702049,758	653,898	0,004	0,005	1,406	1,406
PC11	721712,884	7701917,909	651,765	-0,049	0,011	-1,793	1,793
PC12	721767,395	7702120,949	652,676	0,031	0,024	0,454	0,456
PC13	721668,971	7701940,491	653,529	-0,006	-0,022	-0,086	0,089
PC14	721694,328	7701976,204	653,811	0,013	-0,021	0,499	0,500
PC15	721782,136	7702113,744	652,222	-0,013	0,027	-0,039	0,049
PC17	721700,642	7702004,838	654,096	0,018	-0,007	1,046	1,046
PC18	721784,562	7702060,156	651,910	-0,018	0,014	-0,470	0,471
PC20	721719,852	7701934,695	652,216	-0,049	-0,025	-1,336	1,337
PC21	721757,059	7702079,521	652,895	0,024	0,029	0,662	0,663
PC22	721766,680	7702141,071	652,633	0,016	0,022	0,475	0,475
PC23	721767,892	7702025,665	652,427	-0,004	0,002	-0,412	0,412
PC26	721742,784	7702037,681	653,106	-0,008	-0,001	0,582	0,582
PC27	721675,589	7701958,206	653,855	0,001	-0,012	0,370	0,370
PC28	721736,361	7702090,671	653,642	0,005	0,025	1,356	1,356
PC29	721798,844	7702084,540	651,511	-0,045	0,018	-0,778	0,779
PC30	721732,686	7702012,272	653,289	0,007	0,026	0,452	0,452
PC31	721817,613	7702139,795	650,818	-0,059	0,025	-1,420	1,422
PC32	721770,278	7702099,800	652,606	-0,010	0,022	0,312	0,313
PC35	721810,729	7702115,921	650,999	-0,037	0,012	-1,146	1,147
PC36	721778,934	7702158,042	651,961	-0,006	0,015	0,002	0,016
PC37	721800,932	7702146,565	651,402	-0,007	0,002	-0,781	0,781
PC39	721754,297	7702001,705	652,518	-0,005	-0,007	-0,411	0,411
PC40	721743,454	7701978,309	652,420	-0,019	-0,002	-0,691	0,691
Média:				0,018	0,016	0,714	0,715

Tabela 43 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-N-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,261	7702055,186	651,775	0,005	-0,011	-0,525	0,525
PC01	721716,767	7702003,834	652,756	0,006	0,004	-0,328	0,328
PC02	721752,651	7702106,352	651,824	0,004	0,003	-0,435	0,435
PC03	721777,830	7702041,892	652,765	0,000	-0,004	0,175	0,175
PC04	721715,980	7702020,989	652,336	0,004	-0,024	-0,490	0,490
PC05	721725,930	7702072,765	651,634	-0,015	0,014	-0,672	0,672
PC06	721757,103	7702055,263	652,184	0,004	0,005	-0,204	0,204
PC07	721716,632	7701966,055	653,288	0,001	-0,019	0,089	0,091
PC08	721702,361	7701943,413	653,708	-0,003	-0,003	0,276	0,276
PC09	721786,972	7702134,925	652,209	-0,024	0,022	0,048	0,058
PC10	721719,914	7702049,740	651,869	-0,017	-0,013	-0,623	0,623
PC11	721712,904	7701917,912	654,364	-0,029	0,014	0,806	0,807
PC12	721767,363	7702120,949	651,997	-0,001	0,024	-0,225	0,227
PC13	721668,977	7701940,493	653,656	0,000	-0,020	0,041	0,046
PC14	721694,310	7701976,201	653,047	-0,005	-0,024	-0,265	0,266
PC15	721782,137	7702113,744	652,251	-0,012	0,027	-0,010	0,031
PC17	721700,626	7702004,838	652,526	0,002	-0,007	-0,524	0,524
PC18	721784,580	7702060,145	652,606	0,000	0,003	0,226	0,226
PC20	721719,853	7701934,697	654,155	-0,048	-0,023	0,603	0,606
PC21	721757,034	7702079,526	651,923	-0,001	0,034	-0,310	0,312
PC22	721766,659	7702141,065	651,895	-0,005	0,016	-0,263	0,263
PC23	721767,891	7702025,657	652,971	-0,005	-0,006	0,132	0,133
PC26	721742,784	7702037,669	652,261	-0,008	-0,013	-0,263	0,264
PC27	721675,571	7701958,207	653,335	-0,017	-0,011	-0,150	0,152
PC28	721736,340	7702090,656	651,663	-0,016	0,010	-0,623	0,623
PC29	721798,878	7702084,536	652,663	-0,011	0,014	0,374	0,374
PC30	721732,680	7702012,241	652,627	0,001	-0,005	-0,210	0,211
PC31	721817,638	7702139,823	652,881	-0,034	0,053	0,643	0,646
PC32	721770,283	7702099,788	652,122	-0,005	0,010	-0,172	0,172
PC35	721810,765	7702115,928	652,620	-0,001	0,019	0,475	0,475
PC36	721778,937	7702158,044	651,939	-0,003	0,017	-0,020	0,026
PC37	721800,938	7702146,574	652,493	-0,001	0,011	0,310	0,310
PC39	721754,301	7702001,709	653,087	-0,001	-0,003	0,158	0,158
PC40	721743,482	7701978,306	653,374	0,009	-0,005	0,263	0,263
			Média:	0,009	0,014	0,321	0,323

Tabela 44 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-S-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,258	7702055,190	651,986	0,002	-0,007	-0,314	0,314
PC01	721716,760	7702003,834	652,900	-0,001	0,004	-0,184	0,184
PC02	721752,648	7702106,355	651,977	0,001	0,006	-0,282	0,282
PC03	721777,842	7702041,906	652,675	0,012	0,010	0,085	0,086
PC04	721715,971	7702020,995	652,539	-0,005	-0,018	-0,287	0,287
PC05	721725,931	7702072,768	651,906	-0,014	0,017	-0,400	0,401
PC06	721757,101	7702055,275	652,245	0,002	0,017	-0,143	0,144
PC07	721716,632	7701966,059	653,238	0,001	-0,015	0,039	0,041
PC08	721702,357	7701943,412	653,582	-0,007	-0,004	0,150	0,150
PC09	721786,971	7702134,937	652,136	-0,025	0,034	-0,025	0,049
PC10	721719,912	7702049,746	652,120	-0,019	-0,007	-0,372	0,372
PC11	721712,903	7701917,899	653,963	-0,030	0,001	0,405	0,406
PC12	721767,370	7702120,960	652,086	0,006	0,035	-0,136	0,141
PC13	721668,972	7701940,494	653,629	-0,005	-0,019	0,014	0,024
PC14	721694,314	7701976,212	653,175	-0,001	-0,013	-0,137	0,137
PC15	721782,135	7702113,749	652,227	-0,014	0,032	-0,034	0,049
PC17	721700,621	7702004,846	652,780	-0,003	0,001	-0,270	0,270
PC18	721784,585	7702060,154	652,464	0,005	0,012	0,084	0,085
PC20	721719,859	7701934,693	653,884	-0,042	-0,027	0,332	0,335
PC21	721757,037	7702079,542	652,027	0,002	0,050	-0,206	0,212
PC22	721766,667	7702141,073	651,952	0,003	0,024	-0,206	0,207
PC23	721767,902	7702025,662	652,887	0,006	-0,001	0,048	0,048
PC26	721742,780	7702037,678	652,352	-0,012	-0,004	-0,172	0,172
PC27	721675,565	7701958,208	653,391	-0,023	-0,010	-0,094	0,097
PC28	721736,334	7702090,666	651,939	-0,022	0,020	-0,347	0,348
PC29	721798,881	7702084,539	652,463	-0,008	0,017	0,174	0,175
PC30	721732,675	7702012,249	652,724	-0,004	0,003	-0,113	0,113
PC31	721817,641	7702139,816	652,555	-0,031	0,046	0,317	0,322
PC32	721770,278	7702099,794	652,173	-0,010	0,016	-0,121	0,123
PC35	721810,770	7702115,933	652,345	0,004	0,024	0,200	0,202
PC36	721778,939	7702158,052	651,877	-0,001	0,025	-0,082	0,086
PC37	721800,948	7702146,581	652,282	0,009	0,018	0,099	0,101
PC39	721754,306	7702001,708	652,999	0,004	-0,004	0,070	0,070
PC40	721743,483	7701978,307	653,211	0,010	-0,004	0,100	0,101
			Média:	0,010	0,016	0,178	0,180

Tabela 45 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-S-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,251	7702055,196	652,099	-0,005	-0,001	-0,201	0,201
PC01	721716,755	7702003,834	652,944	-0,006	0,004	-0,140	0,140
PC02	721752,645	7702106,350	652,062	-0,002	0,001	-0,197	0,197
PC03	721777,840	7702041,897	652,661	0,010	0,001	0,071	0,072
PC04	721715,976	7702021,000	652,635	0,000	-0,013	-0,191	0,192
PC05	721725,930	7702072,771	652,038	-0,015	0,020	-0,268	0,269
PC06	721757,094	7702055,266	652,291	-0,005	0,008	-0,097	0,097
PC07	721716,627	7701966,061	653,255	-0,004	-0,013	0,056	0,058
PC08	721702,357	7701943,411	653,531	-0,007	-0,005	0,099	0,099
PC09	721786,970	7702134,936	652,147	-0,026	0,033	-0,014	0,044
PC10	721719,919	7702049,745	652,265	-0,012	-0,008	-0,227	0,228
PC11	721712,909	7701917,904	653,829	-0,024	0,006	0,271	0,272
PC12	721767,361	7702120,951	652,150	-0,003	0,026	-0,072	0,076
PC13	721668,969	7701940,496	653,622	-0,008	-0,017	0,007	0,020
PC14	721694,314	7701976,211	653,234	-0,001	-0,014	-0,078	0,079
PC15	721782,137	7702113,749	652,266	-0,012	0,032	0,005	0,035
PC17	721700,621	7702004,844	652,848	-0,003	-0,001	-0,202	0,202
PC18	721784,587	7702060,156	652,487	0,007	0,014	0,107	0,108
PC20	721719,867	7701934,699	653,787	-0,034	-0,021	0,235	0,238
PC21	721757,036	7702079,542	652,091	0,001	0,050	-0,142	0,150
PC22	721766,665	7702141,079	652,019	0,001	0,030	-0,139	0,142
PC23	721767,903	7702025,659	652,911	0,007	-0,004	0,072	0,073
PC26	721742,779	7702037,675	652,408	-0,013	-0,007	-0,116	0,117
PC27	721675,567	7701958,209	653,427	-0,021	-0,009	-0,058	0,062
PC28	721736,332	7702090,669	652,038	-0,024	0,023	-0,248	0,250
PC29	721798,875	7702084,538	652,470	-0,014	0,016	0,181	0,182
PC30	721732,679	7702012,243	652,747	0,000	-0,003	-0,090	0,090
PC31	721817,646	7702139,825	652,521	-0,026	0,055	0,283	0,290
PC32	721770,278	7702099,799	652,225	-0,010	0,021	-0,069	0,073
PC35	721810,776	7702115,933	652,328	0,010	0,024	0,183	0,185
PC36	721778,943	7702158,050	651,898	0,003	0,023	-0,061	0,066
PC37	721800,954	7702146,585	652,276	0,015	0,022	0,093	0,097
PC39	721754,312	7702001,702	653,007	0,010	-0,010	0,078	0,079
PC40	721743,480	7701978,315	653,193	0,007	0,004	0,082	0,082
			Média:	0,010	0,016	0,130	0,134

Tabela 46 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-S-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,257	7702055,183	652,088	0,001	-0,014	-0,212	0,213
PC01	721716,750	7702003,805	652,966	-0,011	-0,025	-0,118	0,121
PC02	721752,640	7702106,341	652,067	-0,007	-0,008	-0,192	0,192
PC03	721777,843	7702041,893	652,674	0,013	-0,003	0,084	0,085
PC04	721715,976	7702020,989	652,647	0,000	-0,024	-0,179	0,181
PC05	721725,936	7702072,760	652,018	-0,009	0,009	-0,288	0,288
PC06	721757,098	7702055,257	652,283	-0,001	-0,001	-0,105	0,105
PC07	721716,627	7701966,049	653,250	-0,004	-0,025	0,051	0,057
PC08	721702,361	7701943,417	653,546	-0,003	0,001	0,114	0,114
PC09	721786,981	7702134,934	652,164	-0,015	0,031	0,003	0,035
PC10	721719,913	7702049,737	652,251	-0,018	-0,016	-0,241	0,242
PC11	721712,906	7701917,913	653,821	-0,027	0,015	0,263	0,265
PC12	721767,362	7702120,950	652,136	-0,002	0,025	-0,086	0,090
PC13	721668,971	7701940,490	653,633	-0,006	-0,023	0,018	0,030
PC14	721694,322	7701976,220	653,214	0,007	-0,005	-0,098	0,098
PC15	721782,130	7702113,747	652,241	-0,019	0,030	-0,020	0,041
PC17	721700,611	7702004,850	652,858	-0,013	0,005	-0,192	0,193
PC18	721784,586	7702060,146	652,488	0,006	0,004	0,108	0,108
PC20	721719,858	7701934,696	653,796	-0,043	-0,024	0,244	0,249
PC21	721757,061	7702079,502	652,092	0,026	0,010	-0,141	0,143
PC22	721766,666	7702141,075	652,033	0,002	0,026	-0,125	0,128
PC23	721767,906	7702025,655	652,888	0,010	-0,008	0,049	0,051
PC26	721742,777	7702037,669	652,413	-0,015	-0,013	-0,111	0,113
PC27	721675,585	7701958,207	653,449	-0,003	-0,011	-0,036	0,038
PC28	721736,328	7702090,655	652,033	-0,028	0,009	-0,253	0,255
PC29	721798,883	7702084,539	652,471	-0,006	0,017	0,182	0,183
PC30	721732,670	7702012,254	652,784	-0,009	0,008	-0,053	0,054
PC31	721817,663	7702139,821	652,546	-0,009	0,051	0,308	0,313
PC32	721770,280	7702099,793	652,241	-0,008	0,015	-0,053	0,056
PC35	721810,784	7702115,933	652,364	0,018	0,024	0,219	0,221
PC36	721778,937	7702158,050	651,909	-0,003	0,023	-0,050	0,055
PC37	721800,959	7702146,578	652,307	0,020	0,015	0,124	0,127
PC39	721754,303	7702001,695	653,019	0,001	-0,017	0,090	0,091
PC40	721743,461	7701978,307	653,178	-0,012	-0,004	0,067	0,068
			Média:	0,011	0,016	0,132	0,135

Tabela 47 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-S-N-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,255	7702055,188	652,207	-0,001	-0,009	-0,093	0,093
PC01	721716,757	7702003,838	652,990	-0,004	0,008	-0,094	0,094
PC02	721752,647	7702106,351	652,141	0,000	0,002	-0,118	0,118
PC03	721777,835	7702041,900	652,638	0,005	0,004	0,048	0,048
PC04	721715,970	7702020,989	652,703	-0,006	-0,024	-0,123	0,126
PC05	721725,928	7702072,761	652,168	-0,017	0,010	-0,138	0,139
PC06	721757,095	7702055,267	652,350	-0,004	0,009	-0,038	0,039
PC07	721716,632	7701966,063	653,224	0,001	-0,011	0,025	0,027
PC08	721702,357	7701943,413	653,492	-0,007	-0,003	0,060	0,061
PC09	721786,971	7702134,925	652,168	-0,025	0,022	0,007	0,034
PC10	721719,914	7702049,745	652,364	-0,017	-0,008	-0,128	0,130
PC11	721712,905	7701917,905	653,708	-0,028	0,007	0,150	0,153
PC12	721767,362	7702120,953	652,169	-0,002	0,028	-0,053	0,060
PC13	721668,966	7701940,498	653,598	-0,011	-0,015	-0,017	0,025
PC14	721694,325	7701976,216	653,258	0,010	-0,009	-0,054	0,056
PC15	721782,145	7702113,738	652,261	-0,004	0,021	0,000	0,021
PC17	721700,614	7702004,846	652,920	-0,010	0,001	-0,130	0,131
PC18	721784,580	7702060,149	652,443	0,000	0,007	0,063	0,063
PC20	721719,856	7701934,700	653,692	-0,045	-0,020	0,140	0,148
PC21	721757,027	7702079,529	652,171	-0,008	0,037	-0,062	0,073
PC22	721766,665	7702141,063	652,085	0,001	0,014	-0,073	0,074
PC23	721767,899	7702025,654	652,872	0,003	-0,009	0,033	0,035
PC26	721742,769	7702037,671	652,474	-0,023	-0,011	-0,050	0,056
PC27	721675,574	7701958,208	653,453	-0,014	-0,010	-0,032	0,037
PC28	721736,338	7702090,656	652,156	-0,018	0,010	-0,130	0,131
PC29	721798,873	7702084,536	652,417	-0,016	0,014	0,128	0,130
PC30	721732,673	7702012,242	652,793	-0,006	-0,004	-0,044	0,045
PC31	721817,647	7702139,806	652,401	-0,025	0,036	0,163	0,169
PC32	721770,278	7702099,789	652,265	-0,010	0,011	-0,029	0,033
PC35	721810,775	7702115,921	652,272	0,009	0,012	0,127	0,128
PC36	721778,943	7702158,043	651,938	0,003	0,016	-0,021	0,027
PC37	721800,953	7702146,575	652,245	0,014	0,012	0,062	0,065
PC39	721754,301	7702001,696	652,961	-0,001	-0,016	0,032	0,036
PC40	721743,478	7701978,307	653,152	0,005	-0,004	0,041	0,042
			Média:	0,010	0,013	0,074	0,078

Tabela 48 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-S-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,259	7702055,194	652,016	0,003	-0,003	-0,284	0,284
PC01	721716,784	7702003,828	652,927	0,023	-0,002	-0,157	0,159
PC02	721752,642	7702106,342	652,007	-0,005	-0,007	-0,252	0,252
PC03	721777,843	7702041,900	652,648	0,013	0,004	0,058	0,060
PC04	721715,975	7702020,998	652,591	-0,001	-0,015	-0,235	0,236
PC05	721725,924	7702072,771	651,946	-0,021	0,020	-0,360	0,361
PC06	721757,099	7702055,269	652,242	0,000	0,011	-0,146	0,147
PC07	721716,620	7701966,050	653,243	-0,011	-0,024	0,044	0,051
PC08	721702,356	7701943,416	653,561	-0,008	0,000	0,129	0,129
PC09	721786,973	7702134,936	652,096	-0,023	0,033	-0,065	0,077
PC10	721719,917	7702049,740	652,189	-0,014	-0,013	-0,303	0,303
PC11	721712,901	7701917,915	653,860	-0,032	0,017	0,302	0,304
PC12	721767,368	7702120,949	652,071	0,004	0,024	-0,151	0,153
PC13	721668,969	7701940,497	653,633	-0,008	-0,016	0,018	0,025
PC14	721694,327	7701976,221	653,195	0,012	-0,004	-0,117	0,118
PC15	721782,137	7702113,749	652,220	-0,012	0,032	-0,041	0,054
PC17	721700,615	7702004,848	652,798	-0,009	0,003	-0,252	0,252
PC18	721784,577	7702060,160	652,451	-0,003	0,018	0,071	0,074
PC20	721719,852	7701934,701	653,839	-0,049	-0,019	0,287	0,292
PC21	721757,066	7702079,515	652,021	0,031	0,023	-0,212	0,216
PC22	721766,664	7702141,065	651,974	0,000	0,016	-0,184	0,185
PC23	721767,900	7702025,667	652,851	0,004	0,004	0,012	0,013
PC26	721742,775	7702037,671	652,367	-0,017	-0,011	-0,157	0,158
PC27	721675,583	7701958,214	653,433	-0,005	-0,004	-0,052	0,053
PC28	721736,334	7702090,663	651,947	-0,022	0,017	-0,339	0,340
PC29	721798,879	7702084,537	652,466	-0,010	0,015	0,177	0,178
PC30	721732,680	7702012,276	652,744	0,001	0,030	-0,093	0,098
PC31	721817,645	7702139,825	652,514	-0,027	0,055	0,276	0,283
PC32	721770,285	7702099,794	652,190	-0,003	0,016	-0,104	0,106
PC35	721810,767	7702115,935	652,332	0,001	0,026	0,187	0,188
PC36	721778,938	7702158,044	651,888	-0,002	0,017	-0,071	0,073
PC37	721800,951	7702146,583	652,313	0,012	0,020	0,130	0,132
PC39	721754,313	7702001,703	653,023	0,011	-0,009	0,094	0,095
PC40	721743,459	7701978,312	653,220	-0,014	0,001	0,109	0,110
			Média:	0,012	0,016	0,161	0,163

Tabela 49 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação N-N-N-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	721731,263	7702055,186	652,182	0,007	-0,011	-0,118	0,119
PC01	721716,778	7702003,827	652,992	0,017	-0,003	-0,092	0,094
PC02	721752,646	7702106,351	652,139	-0,001	0,002	-0,120	0,120
PC03	721777,830	7702041,887	652,650	0,000	-0,009	0,060	0,060
PC04	721715,979	7702021,000	652,688	0,003	-0,013	-0,138	0,138
PC05	721725,927	7702072,770	652,137	-0,018	0,019	-0,169	0,171
PC06	721757,088	7702055,259	652,339	-0,011	0,001	-0,049	0,050
PC07	721716,620	7701966,048	653,227	-0,011	-0,026	0,028	0,040
PC08	721702,360	7701943,406	653,501	-0,004	-0,010	0,069	0,070
PC09	721786,978	7702134,922	652,163	-0,018	0,019	0,002	0,026
PC10	721719,918	7702049,740	652,339	-0,013	-0,013	-0,153	0,155
PC11	721712,906	7701917,907	653,742	-0,027	0,009	0,184	0,186
PC12	721767,362	7702120,945	652,158	-0,002	0,020	-0,064	0,067
PC13	721668,977	7701940,501	653,606	0,000	-0,012	-0,009	0,015
PC14	721694,330	7701976,225	653,237	0,015	0,000	-0,075	0,076
PC15	721782,126	7702113,733	652,267	-0,023	0,016	0,006	0,029
PC17	721700,623	7702004,833	652,900	-0,001	-0,012	-0,150	0,150
PC18	721784,570	7702060,136	652,433	-0,010	-0,006	0,053	0,055
PC20	721719,864	7701934,693	653,684	-0,037	-0,027	0,132	0,140
PC21	721757,051	7702079,510	652,189	0,016	0,018	-0,044	0,050
PC22	721766,662	7702141,070	652,074	-0,002	0,021	-0,084	0,087
PC23	721767,894	7702025,648	652,867	-0,002	-0,015	0,028	0,032
PC26	721742,771	7702037,664	652,446	-0,021	-0,018	-0,078	0,083
PC27	721675,585	7701958,206	653,443	-0,003	-0,012	-0,042	0,044
PC28	721736,340	7702090,656	652,146	-0,016	0,010	-0,140	0,141
PC29	721798,874	7702084,521	652,438	-0,015	-0,001	0,149	0,149
PC30	721732,679	7702012,251	652,798	0,000	0,005	-0,039	0,039
PC31	721817,643	7702139,799	652,431	-0,029	0,029	0,193	0,197
PC32	721770,278	7702099,780	652,236	-0,010	0,002	-0,058	0,059
PC35	721810,770	7702115,912	652,268	0,004	0,003	0,123	0,123
PC36	721778,942	7702158,048	651,950	0,002	0,021	-0,009	0,023
PC37	721800,955	7702146,565	652,306	0,016	0,002	0,123	0,124
PC39	721754,293	7702001,686	652,987	-0,009	-0,026	0,058	0,064
PC40	721743,448	7701978,307	653,149	-0,025	-0,004	0,038	0,046
			Média:	0,011	0,012	0,085	0,089

Tabela 50 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-N-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,705	7702338,301	657,032	0,012	-0,008	0,572	0,573
PC01	722219,331	7702208,292	660,005	-0,008	-0,071	-0,734	0,737
PC02	722249,700	7702327,580	656,932	0,016	-0,001	0,611	0,611
PC03	722261,682	7702286,697	656,660	-0,014	0,016	0,202	0,203
PC04	722244,718	7702256,492	660,691	0,051	-0,025	-0,212	0,219
PC05	722240,164	7702307,218	656,884	-0,009	0,008	0,649	0,649
PC06	722315,068	7702308,362	655,627	-0,036	-0,012	-0,654	0,655
PC07	722182,703	7702225,170	660,768	-0,029	-0,038	-0,152	0,160
PC08	722184,383	7702245,165	661,128	0,028	-0,039	0,145	0,153
PC09	722205,388	7702181,808	663,028	-0,050	-0,123	-1,531	1,537
PC10	722310,532	7702356,286	655,934	-0,043	-0,011	-0,439	0,441
PC12	722266,867	7702349,873	656,648	-0,009	-0,003	0,366	0,366
PC13	722217,402	7702242,522	660,607	0,014	-0,063	-0,080	0,103
PC14	722282,900	7702268,265	656,440	-0,029	-0,003	-0,395	0,396
PC15	722280,305	7702318,242	656,371	-0,027	0,007	0,096	0,100
PC16	722198,220	7702227,393	660,791	0,000	-0,036	-0,171	0,175
PC17	722278,285	7702366,682	656,412	-0,003	-0,007	0,137	0,138
PC18	722304,804	7702294,946	655,926	-0,033	-0,005	-0,499	0,500
PC19	722206,047	7702263,808	660,981	-0,006	-0,002	0,277	0,277
PC21	722269,319	7702310,851	656,431	-0,006	-0,020	0,295	0,296
PC23	722289,947	7702329,941	656,117	-0,005	0,004	-0,043	0,043
PC24	722324,645	7702326,485	655,586	-0,017	-0,007	-0,825	0,825
PC25	722218,172	7702275,944	660,819	0,002	-0,025	0,320	0,321
PC26	722244,655	7702222,203	659,910	-0,006	-0,039	-0,786	0,787
PC27	722261,799	7702243,490	660,570	0,017	-0,056	-0,721	0,723
PC28	722234,339	7702242,794	660,557	0,004	-0,048	-0,309	0,312
PC30	722243,464	7702281,411	656,974	0,006	0,013	0,398	0,398
PC31	722294,472	7702283,453	655,858	-0,048	-0,004	-0,383	0,386
PC32	722195,539	7702195,645	659,978	-0,022	-0,046	-0,839	0,841
PC33	722178,182	7702212,812	660,377	-0,033	-0,025	-0,452	0,454
PC35	722265,490	7702332,419	656,583	-0,004	-0,008	0,374	0,374
PC36	722199,528	7702206,101	660,378	-0,024	-0,040	-0,606	0,608
PC37	722226,416	7702223,416	660,149	-0,001	-0,060	-0,507	0,510
PC38	722202,676	7702243,761	660,873	0,010	-0,032	0,025	0,042
PC39	722273,898	7702258,816	656,655	-0,017	-0,016	-0,341	0,341
PC40	722244,814	7702293,706	657,009	-0,002	-0,001	0,507	0,507
PC41	722296,126	7702351,431	656,114	-0,018	-0,006	-0,138	0,140
			Média:	0,018	0,025	0,427	0,430

Tabela 51 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,691	7702338,305	656,735	-0,002	-0,004	0,275	0,275
PC01	722219,338	7702208,324	660,306	-0,001	-0,039	-0,433	0,435
PC02	722249,687	7702327,578	656,636	0,003	-0,003	0,315	0,315
PC03	722261,683	7702286,691	656,564	-0,013	0,010	0,106	0,107
PC04	722244,694	7702256,502	660,646	0,027	-0,015	-0,257	0,258
PC05	722240,150	7702307,211	656,591	-0,023	0,001	0,356	0,356
PC06	722315,079	7702308,368	655,913	-0,025	-0,006	-0,368	0,369
PC07	722182,706	7702225,184	660,761	-0,026	-0,024	-0,159	0,163
PC08	722184,375	7702245,181	660,962	0,020	-0,023	-0,021	0,037
PC09	722205,421	7702181,861	663,621	-0,017	-0,070	-0,938	0,941
PC10	722310,562	7702356,282	656,126	-0,013	-0,015	-0,247	0,248
PC12	722266,848	7702349,876	656,447	-0,028	0,000	0,165	0,167
PC13	722217,390	7702242,570	660,569	0,002	-0,015	-0,118	0,119
PC14	722282,905	7702268,261	656,613	-0,024	-0,007	-0,222	0,223
PC15	722280,325	7702318,232	656,330	-0,007	-0,003	0,055	0,055
PC16	722198,202	7702227,411	660,777	-0,018	-0,018	-0,185	0,187
PC17	722278,275	7702366,689	656,355	-0,013	0,000	0,080	0,081
PC18	722304,818	7702294,955	656,154	-0,019	0,004	-0,271	0,272
PC19	722206,054	7702263,830	660,732	0,001	0,020	0,028	0,034
PC21	722269,315	7702310,874	656,296	-0,010	0,003	0,160	0,161
PC23	722289,927	7702329,933	656,130	-0,025	-0,004	-0,030	0,040
PC24	722324,655	7702326,496	655,961	-0,007	0,004	-0,450	0,450
PC25	722218,166	7702275,965	660,533	-0,004	-0,004	0,034	0,035
PC26	722244,667	7702222,219	660,190	0,006	-0,023	-0,506	0,507
PC27	722261,800	7702243,518	660,757	0,018	-0,028	-0,534	0,536
PC28	722234,337	7702242,816	660,563	0,002	-0,026	-0,303	0,305
PC30	722243,446	7702281,407	656,804	-0,012	0,009	0,228	0,229
PC31	722294,488	7702283,452	656,028	-0,032	-0,005	-0,213	0,216
PC32	722195,541	7702195,660	660,328	-0,020	-0,031	-0,489	0,490
PC33	722178,183	7702212,825	660,540	-0,032	-0,012	-0,289	0,291
PC35	722265,488	7702332,427	656,417	-0,006	0,000	0,208	0,208
PC36	722199,535	7702206,119	660,651	-0,017	-0,022	-0,333	0,334
PC37	722226,414	7702223,440	660,288	-0,003	-0,036	-0,368	0,370
PC38	722202,670	7702243,779	660,741	0,004	-0,014	-0,107	0,108
PC39	722273,907	7702258,826	656,817	-0,008	-0,006	-0,179	0,180
PC40	722244,806	7702293,697	656,788	-0,010	-0,010	0,286	0,286
PC41	722296,121	7702351,434	656,161	-0,023	-0,003	-0,091	0,094
Média:				0,014	0,014	0,254	0,256

Tabela 52 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,691	7702338,303	656,446	-0,002	-0,006	-0,014	0,016
PC01	722219,299	7702208,359	660,722	-0,040	-0,004	-0,017	0,044
PC02	722249,689	7702327,577	656,300	0,005	-0,004	-0,021	0,022
PC03	722261,683	7702286,689	656,448	-0,013	0,008	-0,010	0,018
PC04	722244,665	7702256,518	660,902	-0,002	0,001	-0,001	0,002
PC05	722240,153	7702307,202	656,208	-0,020	-0,008	-0,027	0,034
PC06	722315,090	7702308,362	656,270	-0,014	-0,012	-0,011	0,021
PC07	722182,705	7702225,199	660,912	-0,027	-0,009	-0,008	0,029
PC08	722184,371	7702245,196	660,963	0,016	-0,008	-0,020	0,027
PC09	722205,403	7702181,925	664,536	-0,035	-0,006	-0,023	0,043
PC10	722310,556	7702356,299	656,399	-0,019	0,002	0,026	0,033
PC12	722266,852	7702349,876	656,260	-0,024	0,000	-0,022	0,032
PC13	722217,375	7702242,584	660,680	-0,013	-0,001	-0,007	0,015
PC14	722282,915	7702268,263	656,829	-0,014	-0,005	-0,006	0,016
PC15	722280,325	7702318,228	656,282	-0,007	-0,007	0,007	0,012
PC16	722198,195	7702227,433	660,964	-0,025	0,004	0,002	0,025
PC17	722278,275	7702366,682	656,289	-0,013	-0,007	0,014	0,020
PC18	722304,825	7702294,952	656,447	-0,012	0,001	0,022	0,025
PC19	722206,042	7702263,828	660,709	-0,011	0,018	0,005	0,022
PC21	722269,309	7702310,869	656,163	-0,016	-0,002	0,027	0,031
PC23	722289,935	7702329,933	656,175	-0,017	-0,004	0,015	0,023
PC24	722324,667	7702326,492	656,440	0,005	0,000	0,029	0,029
PC25	722218,143	7702275,966	660,475	-0,027	-0,003	-0,024	0,036
PC26	722244,648	7702222,236	660,707	-0,013	-0,006	0,011	0,018
PC27	722261,767	7702243,540	661,266	-0,015	-0,006	-0,025	0,030
PC28	722234,316	7702242,829	660,842	-0,019	-0,013	-0,024	0,033
PC30	722243,442	7702281,401	656,566	-0,016	0,003	-0,010	0,019
PC31	722294,492	7702283,452	656,255	-0,028	-0,005	0,014	0,032
PC32	722195,544	7702195,676	660,776	-0,017	-0,015	-0,041	0,046
PC33	722178,180	7702212,840	660,736	-0,035	0,003	-0,093	0,099
PC35	722265,485	7702332,424	656,220	-0,009	-0,003	0,011	0,014
PC36	722199,534	7702206,147	661,004	-0,018	0,006	0,020	0,027
PC37	722226,402	7702223,454	660,648	-0,015	-0,022	-0,008	0,028
PC38	722202,647	7702243,797	660,808	-0,019	0,004	-0,040	0,044
PC39	722273,906	7702258,819	657,001	-0,009	-0,013	0,005	0,017
PC40	722244,810	7702293,685	656,508	-0,006	-0,022	0,006	0,024
PC41	722296,126	7702351,437	656,260	-0,018	0,000	0,008	0,020
			Média:	0,017	0,007	0,018	0,028

Tabela 53 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,686	7702338,308	656,437	-0,007	-0,001	-0,023	0,024
PC01	722219,313	7702208,361	660,733	-0,026	-0,002	-0,006	0,027
PC02	722249,673	7702327,582	656,275	-0,011	0,001	-0,046	0,048
PC03	722261,677	7702286,688	656,459	-0,019	0,007	0,001	0,020
PC04	722244,664	7702256,525	660,897	-0,003	0,008	-0,006	0,010
PC05	722240,161	7702307,212	656,190	-0,012	0,002	-0,045	0,046
PC06	722315,088	7702308,365	656,319	-0,016	-0,009	0,038	0,042
PC07	722182,706	7702225,202	660,922	-0,026	-0,006	0,002	0,027
PC08	722184,351	7702245,199	660,958	-0,004	-0,005	-0,025	0,026
PC09	722205,403	7702181,925	664,597	-0,035	-0,006	0,038	0,052
PC10	722310,557	7702356,295	656,424	-0,018	-0,002	0,051	0,054
PC12	722266,861	7702349,881	656,236	-0,015	0,005	-0,046	0,048
PC13	722217,378	7702242,580	660,700	-0,010	-0,005	0,013	0,017
PC14	722282,907	7702268,265	656,849	-0,022	-0,003	0,014	0,026
PC15	722280,333	7702318,230	656,286	0,001	-0,005	0,011	0,012
PC16	722198,192	7702227,436	660,974	-0,028	0,007	0,012	0,031
PC17	722278,278	7702366,685	656,277	-0,010	-0,004	0,002	0,011
PC18	722304,822	7702294,958	656,477	-0,015	0,007	0,052	0,055
PC19	722206,021	7702263,814	660,671	-0,032	0,004	-0,033	0,046
PC21	722269,308	7702310,873	656,146	-0,017	0,002	0,010	0,020
PC23	722289,929	7702329,934	656,174	-0,023	-0,003	0,014	0,027
PC24	722324,667	7702326,495	656,507	0,005	0,003	0,096	0,096
PC25	722218,143	7702275,968	660,436	-0,027	-0,001	-0,063	0,068
PC26	722244,646	7702222,241	660,696	-0,015	-0,001	0,000	0,015
PC27	722261,760	7702243,548	661,289	-0,022	0,002	-0,002	0,022
PC28	722234,314	7702242,843	660,851	-0,021	0,001	-0,015	0,026
PC30	722243,445	7702281,396	656,540	-0,013	-0,002	-0,036	0,038
PC31	722294,498	7702283,451	656,276	-0,022	-0,006	0,035	0,042
PC32	722195,545	7702195,679	660,769	-0,016	-0,012	-0,048	0,052
PC33	722178,180	7702212,841	660,768	-0,035	0,004	-0,061	0,070
PC35	722265,486	7702332,426	656,194	-0,008	-0,001	-0,015	0,017
PC36	722199,540	7702206,148	661,016	-0,012	0,007	0,032	0,034
PC37	722226,404	7702223,482	660,653	-0,013	0,006	-0,003	0,015
PC38	722202,652	7702243,787	660,823	-0,014	-0,006	-0,025	0,030
PC39	722273,914	7702258,817	657,020	-0,001	-0,015	0,024	0,028
PC40	722244,813	7702293,692	656,493	-0,003	-0,015	-0,009	0,018
PC41	722296,122	7702351,433	656,265	-0,022	-0,004	0,013	0,026
			Média:	0,016	0,005	0,026	0,034

Tabela 54 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-S-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,702	7702338,304	656,433	0,009	-0,005	-0,027	0,029
PC01	722219,324	7702208,325	660,754	-0,015	-0,038	0,015	0,044
PC02	722249,675	7702327,579	656,281	-0,009	-0,002	-0,040	0,041
PC03	722261,679	7702286,692	656,481	-0,017	0,011	0,023	0,031
PC04	722244,674	7702256,531	660,902	0,007	0,014	-0,001	0,016
PC05	722240,171	7702307,202	656,190	-0,002	-0,008	-0,045	0,046
PC06	722315,083	7702308,378	656,384	-0,021	0,004	0,103	0,105
PC07	722182,692	7702225,192	660,890	-0,040	-0,016	-0,030	0,053
PC08	722184,354	7702245,199	660,975	-0,001	-0,005	-0,008	0,009
PC09	722205,395	7702181,950	664,521	-0,043	0,019	-0,038	0,061
PC10	722310,544	7702356,297	656,462	-0,031	0,000	0,089	0,094
PC12	722266,871	7702349,878	656,254	-0,005	0,002	-0,028	0,028
PC13	722217,387	7702242,553	660,716	-0,001	-0,032	0,029	0,043
PC14	722282,901	7702268,269	656,868	-0,028	0,001	0,033	0,043
PC15	722280,305	7702318,247	656,291	-0,027	0,012	0,016	0,034
PC16	722198,216	7702227,421	660,951	-0,004	-0,008	-0,011	0,014
PC17	722278,273	7702366,688	656,274	-0,015	-0,001	-0,001	0,015
PC18	722304,820	7702294,961	656,475	-0,017	0,010	0,050	0,054
PC19	722206,020	7702263,806	660,621	-0,033	-0,004	-0,083	0,089
PC21	722269,327	7702310,853	656,154	0,002	-0,018	0,018	0,025
PC23	722289,942	7702329,972	656,196	-0,010	0,035	0,036	0,051
PC24	722324,649	7702326,503	656,481	-0,013	0,011	0,070	0,072
PC25	722218,146	7702275,967	660,453	-0,024	-0,002	-0,046	0,052
PC26	722244,648	7702222,254	660,702	-0,013	0,012	0,006	0,019
PC27	722261,755	7702243,552	661,258	-0,027	0,006	-0,033	0,043
PC28	722234,316	7702242,844	660,847	-0,019	0,002	-0,019	0,027
PC30	722243,458	7702281,400	656,538	0,000	0,002	-0,038	0,038
PC31	722294,487	7702283,451	656,298	-0,033	-0,006	0,057	0,066
PC32	722195,544	7702195,676	660,823	-0,017	-0,015	0,006	0,024
PC33	722178,184	7702212,834	660,775	-0,031	-0,003	-0,054	0,062
PC35	722265,491	7702332,416	656,196	-0,003	-0,011	-0,013	0,018
PC36	722199,533	7702206,148	661,030	-0,019	0,007	0,046	0,050
PC37	722226,404	7702223,482	660,657	-0,013	0,006	0,001	0,014
PC38	722202,648	7702243,794	660,798	-0,018	0,001	-0,050	0,053
PC39	722273,905	7702258,828	657,036	-0,010	-0,004	0,040	0,041
PC40	722244,813	7702293,687	656,500	-0,003	-0,020	-0,002	0,020
PC41	722296,121	7702351,435	656,277	-0,023	-0,002	0,025	0,034
			Média:	0,016	0,010	0,033	0,042

Tabela 55 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-S-N-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,693	7702338,311	656,402	0,000	0,002	-0,058	0,058
PC01	722219,305	7702208,361	660,769	-0,034	-0,002	0,030	0,046
PC02	722249,677	7702327,584	656,257	-0,007	0,003	-0,064	0,064
PC03	722261,678	7702286,683	656,440	-0,018	0,002	-0,018	0,025
PC04	722244,666	7702256,527	660,920	-0,001	0,010	0,017	0,020
PC05	722240,165	7702307,207	656,168	-0,008	-0,003	-0,067	0,067
PC06	722315,088	7702308,370	656,325	-0,016	-0,004	0,044	0,047
PC07	722182,700	7702225,200	660,914	-0,032	-0,008	-0,006	0,034
PC08	722184,348	7702245,206	660,948	-0,007	0,002	-0,035	0,036
PC09	722205,399	7702181,929	664,615	-0,039	-0,002	0,056	0,069
PC10	722310,548	7702356,297	656,431	-0,027	0,000	0,058	0,064
PC12	722266,859	7702349,882	656,232	-0,017	0,006	-0,050	0,053
PC13	722217,378	7702242,586	660,682	-0,010	0,001	-0,005	0,011
PC14	722282,912	7702268,267	656,865	-0,017	-0,001	0,030	0,034
PC15	722280,328	7702318,230	656,283	-0,004	-0,005	0,008	0,011
PC16	722198,188	7702227,430	660,992	-0,032	0,001	0,030	0,044
PC17	722278,273	7702366,687	656,269	-0,015	-0,002	-0,006	0,016
PC18	722304,821	7702294,960	656,500	-0,016	0,009	0,075	0,077
PC19	722206,023	7702263,807	660,651	-0,030	-0,003	-0,053	0,061
PC21	722269,315	7702310,873	656,160	-0,010	0,002	0,024	0,026
PC23	722289,926	7702329,940	656,172	-0,026	0,003	0,012	0,029
PC24	722324,657	7702326,496	656,497	-0,005	0,004	0,086	0,086
PC25	722218,141	7702275,973	660,425	-0,029	0,004	-0,074	0,079
PC26	722244,648	7702222,249	660,709	-0,013	0,007	0,013	0,020
PC27	722261,760	7702243,553	661,294	-0,022	0,007	0,003	0,023
PC28	722234,322	7702242,842	660,864	-0,013	0,000	-0,002	0,013
PC30	722243,449	7702281,398	656,551	-0,009	0,000	-0,025	0,026
PC31	722294,495	7702283,458	656,267	-0,025	0,001	0,026	0,036
PC32	722195,546	7702195,684	660,845	-0,015	-0,007	0,028	0,032
PC33	722178,184	7702212,843	660,755	-0,031	0,006	-0,074	0,080
PC35	722265,485	7702332,421	656,167	-0,009	-0,006	-0,042	0,044
PC36	722199,539	7702206,139	661,031	-0,013	-0,002	0,047	0,049
PC37	722226,406	7702223,484	660,662	-0,011	0,008	0,006	0,015
PC38	722202,646	7702243,797	660,817	-0,020	0,004	-0,031	0,037
PC39	722273,908	7702258,831	657,026	-0,007	-0,001	0,030	0,030
PC40	722244,810	7702293,690	656,479	-0,006	-0,017	-0,023	0,029
PC41	722296,125	7702351,430	656,269	-0,019	-0,007	0,017	0,026
			Média:	0,017	0,004	0,034	0,041

Tabela 56 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-S-N

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,696	7702338,303	656,443	0,003	-0,006	-0,017	0,018
PC01	722219,332	7702208,341	660,707	-0,007	-0,022	-0,032	0,039
PC02	722249,693	7702327,580	656,298	0,009	-0,001	-0,023	0,025
PC03	722261,684	7702286,694	656,457	-0,012	0,013	-0,001	0,018
PC04	722244,679	7702256,544	660,892	0,012	0,027	-0,011	0,031
PC05	722240,150	7702307,215	656,184	-0,023	0,005	-0,051	0,056
PC06	722315,089	7702308,363	656,317	-0,015	-0,011	0,036	0,040
PC07	722182,695	7702225,195	660,915	-0,037	-0,013	-0,005	0,040
PC08	722184,377	7702245,184	660,956	0,022	-0,020	-0,027	0,040
PC09	722205,402	7702181,949	664,548	-0,036	0,018	-0,011	0,042
PC10	722310,552	7702356,292	656,462	-0,023	-0,005	0,089	0,092
PC12	722266,864	7702349,879	656,270	-0,012	0,003	-0,012	0,017
PC13	722217,388	7702242,557	660,698	0,000	-0,028	0,011	0,030
PC14	722282,909	7702268,268	656,833	-0,020	0,000	-0,002	0,020
PC15	722280,316	7702318,234	656,301	-0,016	-0,001	0,026	0,030
PC16	722198,216	7702227,422	660,952	-0,004	-0,007	-0,010	0,013
PC17	722278,280	7702366,685	656,290	-0,008	-0,004	0,015	0,017
PC18	722304,821	7702294,955	656,518	-0,016	0,004	0,093	0,095
PC19	722206,016	7702263,853	660,635	-0,037	0,043	-0,069	0,090
PC21	722269,320	7702310,841	656,173	-0,005	-0,030	0,037	0,048
PC23	722289,942	7702329,955	656,196	-0,010	0,018	0,036	0,042
PC24	722324,664	7702326,489	656,508	0,002	-0,003	0,097	0,097
PC25	722218,138	7702275,965	660,470	-0,032	-0,004	-0,029	0,043
PC26	722244,645	7702222,259	660,680	-0,016	0,017	-0,016	0,028
PC27	722261,758	7702243,547	661,277	-0,024	0,001	-0,014	0,028
PC28	722234,319	7702242,841	660,853	-0,016	-0,001	-0,013	0,021
PC30	722243,462	7702281,390	656,573	0,004	-0,008	-0,003	0,010
PC31	722294,495	7702283,448	656,271	-0,025	-0,009	0,030	0,040
PC32	722195,554	7702195,685	660,795	-0,007	-0,006	-0,022	0,024
PC33	722178,185	7702212,840	660,755	-0,030	0,003	-0,074	0,080
PC35	722265,488	7702332,424	656,212	-0,006	-0,003	0,003	0,007
PC36	722199,535	7702206,146	660,985	-0,017	0,005	0,001	0,018
PC37	722226,406	7702223,465	660,635	-0,011	-0,011	-0,021	0,026
PC38	722202,651	7702243,796	660,809	-0,015	0,003	-0,039	0,042
PC39	722273,902	7702258,819	657,014	-0,013	-0,013	0,018	0,026
PC40	722244,804	7702293,694	656,514	-0,012	-0,013	0,012	0,021
PC41	722296,134	7702351,436	656,277	-0,010	-0,001	0,025	0,027
			Média:	0,015	0,010	0,028	0,037

Tabela 57 - Coordenadas e discrepâncias apresentadas pela combinação S-N-N-S

ID	X teste (m)	Y teste (m)	Z teste (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)	d3D (m)
BASE	722253,689	7702338,313	656,464	-0,004	0,004	0,004	0,007
PC01	722219,344	7702208,339	660,582	0,005	-0,024	-0,157	0,159
PC02	722249,673	7702327,587	656,326	-0,011	0,006	0,005	0,014
PC03	722261,685	7702286,691	656,464	-0,011	0,010	0,006	0,016
PC04	722244,690	7702256,545	660,688	0,023	0,028	-0,215	0,218
PC05	722240,164	7702307,210	656,272	-0,009	0,000	0,037	0,038
PC06	722315,083	7702308,376	656,256	-0,021	0,002	-0,025	0,033
PC07	722182,709	7702225,200	660,804	-0,023	-0,008	-0,116	0,118
PC08	722184,361	7702245,206	660,844	0,006	0,002	-0,139	0,139
PC09	722205,422	7702181,941	664,205	-0,016	0,010	-0,354	0,355
PC10	722310,540	7702356,299	656,353	-0,035	0,002	-0,020	0,040
PC12	722266,865	7702349,884	656,289	-0,011	0,008	0,007	0,015
PC13	722217,398	7702242,568	660,511	0,010	-0,017	-0,176	0,177
PC14	722282,917	7702268,276	656,815	-0,012	0,008	-0,020	0,025
PC15	722280,309	7702318,244	656,267	-0,023	0,009	-0,008	0,026
PC16	722198,211	7702227,429	660,834	-0,009	0,000	-0,128	0,128
PC17	722278,276	7702366,683	656,289	-0,012	-0,006	0,014	0,019
PC18	722304,822	7702294,968	656,464	-0,015	0,017	0,039	0,045
PC19	722206,033	7702263,805	660,520	-0,020	-0,005	-0,184	0,185
PC21	722269,313	7702310,850	656,190	-0,012	-0,021	0,054	0,059
PC23	722289,933	7702329,962	656,172	-0,019	0,025	0,012	0,034
PC24	722324,657	7702326,497	656,436	-0,005	0,005	0,025	0,026
PC25	722218,151	7702275,974	660,256	-0,019	0,005	-0,243	0,244
PC26	722244,653	7702222,261	660,457	-0,008	0,019	-0,239	0,240
PC27	722261,771	7702243,554	660,961	-0,011	0,008	-0,330	0,330
PC28	722234,332	7702242,845	660,617	-0,003	0,003	-0,249	0,249
PC30	722243,466	7702281,401	656,597	0,008	0,003	0,021	0,023
PC31	722294,488	7702283,458	656,257	-0,032	0,001	0,016	0,036
PC32	722195,554	7702195,679	660,708	-0,007	-0,012	-0,109	0,110
PC33	722178,191	7702212,845	660,690	-0,024	0,008	-0,139	0,141
PC35	722265,481	7702332,423	656,210	-0,013	-0,004	0,001	0,014
PC36	722199,546	7702206,147	660,868	-0,006	0,006	-0,116	0,116
PC37	722226,409	7702223,486	660,468	-0,008	0,010	-0,188	0,188
PC38	722202,656	7702243,799	660,633	-0,010	0,006	-0,215	0,216
PC39	722273,905	7702258,823	656,987	-0,010	-0,009	-0,009	0,016
PC40	722244,813	7702293,695	656,548	-0,003	-0,012	0,046	0,047
PC41	722296,129	7702351,439	656,240	-0,015	0,002	-0,012	0,019
			Média:	0,013	0,009	0,099	0,104

Tabela 80 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação **N-N-S-N**

	Valor	Erro	F	Cx	Cy	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	3658,35	1,1	1,00	0,16	-0,98	0,13	0,09	-0,11	0,18	0,05	-0,09
Cx	-0,487852	0,16		1,00	-0,14	0,52	0,02	-0,01	0,01	0,34	-0,10
Cy	19,9153	0,93			1,00	-0,11	-0,06	0,12	-0,18	-0,04	0,10
B2	0,921199	0,078				1,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	-0,16
K1	0,00471193	0,000079					1,00	-0,86	0,81	0,08	-0,05
K2	-0,0222486	0,00024						1,00	-0,98	-0,01	-0,02
K3	0,024053	0,00024							1,00	0,00	0,00
P1	0,000304265	5,9E-06								1,00	-0,03
P2	-0,00114055	6,2E-06									1,00

Tabela 81 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação **N-N-N-S**

	Valor	Erro	F	K1	K2	K3	P1	P2
F	3365,84	25	1,00	0,73	-0,96	0,98	0,40	-0,92
K1	0,00421621	0,000087		1,00	-0,86	0,81	0,40	-0,66
K2	-0,016168	0,0005			1,00	-0,99	-0,39	0,89
K3	0,014895	0,00068				1,00	0,40	-0,91
P1	0,000265116	4,1E-06					1,00	-0,38
P2	-0,00108079	9,1E-06						1,00

Tabela 82 - Valores em pixel dos coeficientes de calibração e a matriz correlação para a combinação **S-N-N-N**

	Valor	Erro	F	K1	K2	K3	P1	P2
F	3397,19	20	1,00	0,38	-0,90	0,96	0,05	-0,55
K1	0,00701828	0,00018		1,00	-0,49	0,46	-0,07	0,29
K2	-0,014681	0,00038			1,00	-0,99	-0,05	0,49
K3	0,0138631	0,00051				1,00	0,05	-0,52
P1	0,000263264	4,9E-06					1,00	-0,10
P2	-0,00096977	8,2E-06						1,00

