



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Teotônio Andrade de Lima Neto

**CÁLCULO DE CORTES E ATERROS VIA PROGRAMA AUTODESK CIVIL 3D,
UTILIZANDO DADOS GEOESPACIAIS**

MOSSORÓ

2024

TEOTÔNIO ANDRADE DE LIMA NETO

**CÁLCULO DE CORTES E ATERROS VIA PROGRAMA AUTODESK CIVIL 3D,
UTILIZANDO DADOS GEOESPACIAIS**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: John Eloi Bezerra, Prof. Dr.

Co-orientador: Paulo César Moura da Silva,
Prof. Dr.

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N469c Neto, Teotônio Andrade de Lima.
Cálculo de cortes e aterros via programa
Autodesk Civil 3D, utilizando dados geoespaciais
/ Teotônio Andrade de Lima Neto. - 2024.
66 f. : il.

Orientador: John Eloi Bezerra.
Coorientador: Paulo César Moura da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. Movimentação de terra. 2. Obras de
infraestrutura. 3. Processamento de imagens. 4.
Autodesk Metashape. I. Bezerra, John Eloi, orient.
II. da Silva, Paulo César Moura, co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

TEOTÔNIO ANDRADE DE LIMA NETO

**CÁLCULO DE CORTES E ATERROS VIA PROGRAMA AUTODESK CIVIL 3D,
UTILIZANDO DADOS GEOESPACIAIS**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 19/ 04/ 2024.

BANCA EXAMINADORA

JOHN ELOI
BEZERRA

Digitally signed by JOHN ELOI BEZERRA:
DN: cn=JOHN ELOI BEZERRA
Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, o=ICPEdu, c=BR
Date: 2024.04.25 11:21:45 -03'00'

John Eloi Bezerra, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

PAULO CESAR MOURA
DA SILVA

Assinado digitalmente por PAULO CESAR MOURA DA SILVA
DN: CN=PAULO CESAR MOURA DA SILVA
Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, O=ICPEdu, C=BR
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2024.04.25 11:09:43 -03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 11.0.0

Paulo César Moura da Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

DANIELA DA COSTA LEITE
COELHO

Assinado de forma digital por DANIELA
DA COSTA LEITE COELHO
Dados: 2024.04.25 13:23:15 -03'00'

Daniela da Costa Leite Coelho, Prof. Dr.^a (UFERSA)
Membro Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu falecido tio Jerry e a meus pais, Maria Lucia e Joselito, por todo o apoio e incentivo dado ao longo da minha trajetória de estudo, sem tal apoio seria impossível estar concluindo essa graduação.

Deixo uma menção a todos os professores que tive ao longo do curso, com enfoque no professor Paulo César, a qual sempre estendeu a mão para ajudar tanto nas disciplinas, quanto na produção de demais pesquisas e trabalhos.

Ressalto a ajuda do amigo Vanderbio na produção desse trabalho, sendo imprescindível na realização da coleta dos dados.

Agradeço a todos os colegas e amigos feitos durante os anos de graduação, em especial Antônio Avelino, Emerson, Luan, Melquisedec, Renan e Willian, sem o apoio de vocês essa caminhada seria muito mais difícil.

RESUMO

Ao longo da evolução e desenvolvimento da espécie humana, um de seus maiores marcos foram as diversas obras de infraestrutura as quais possibilitaram tal feito. Com o passar do tempo cresceu-se a necessidade de obras cada vez mais complexas e quanto maior a magnitude da obra, mais recursos elas exigem, bem como, maior precisão e qualidade em seus projetos. Em obras de infraestrutura, a etapa de movimentação de terras envolve um alto custo de execução, onde em algumas obras é a etapa de maior custo financeiro. Estimar corretamente as movimentações de terra é um dos principais desafios encontrados, de modo que seja feita de maneira viável e em tempo hábil. Para garantir que as condições anteriores sejam satisfeitas e obtenha-se maior precisão tanto na previsão de tempo de execução da obra, bem como, seu custo real, são utilizadas de algumas técnicas. Com base nesse contexto, o presente trabalho teve por finalidade apresentar de maneira detalhada uma forma de se estimar valores de cortes e aterros em obras de infraestrutura, para tal, utilizando-se principalmente o software Autodesk Civil 3D e dados geoespaciais, o mesmo utilizado encontra-se na versão 2025. Tendo em vista que o uso do software de processamento já citado é a fase final do trabalho, o mesmo também descreve e detalha os procedimentos referentes a aquisição dos dados em campo, aos quais utiliza-se de outros softwares como o Google Earth, responsável por demarcar a área estudada, além do Drone Harmony, software responsável pela elaboração do plano de voo ao qual o drone irá executar. Dando sequência, utiliza-se o software RTKCON, o qual é responsável por converter os arquivos advindos do GPS, outro software de grande valia para o trabalho é o Agisoft Metashape em sua versão 1.5, o qual é responsável por realiza o alinhamento, tratamento e obtenção das coordenadas geográficas e altimétricas das imagens obtidas com o drone. Por fim os dados já refinados serão utilizados no Civil 3D ao qual estimará os devidos volumes. Ao finalizar todas as etapas dos processamentos foram encontrados volumes de corte e aterro, de 29,19 m³ e 407,64 m³ respectivamente, caso opte-se pelo reaproveitamento de solo, encontrou-se um volume de 378,46m³ a serem aterrados.

Palavras-chave: Movimentação de terra, Obras de infraestrutura, Processamento de imagens, Agisoft Metashape.

ABSTRACT

Throughout the evolution and development of the human species, one of its greatest milestones was the various infrastructure works that made this feat possible. Over time, the need for increasingly complex works has grown and the greater the magnitude of the work, the more resources they require, as well as greater precision and quality in their projects. In infrastructure works, the earthmoving stage involves a high execution cost, where in some works it is the stage with the highest financial cost. Correctly estimating earth movements is one of the main challenges encountered, so that it can be done in a viable and timely manner. To ensure that the above conditions are met and that greater accuracy is obtained both in predicting the execution time of the work, as well as its actual cost, some techniques are used. Based on this context, the purpose of this work was to present in detail a way of estimating values of cuts and fills in infrastructure works, for this purpose, using mainly the Autodesk Civil 3D software and geospatial data, the same used finds version 2025. Bearing in mind that the use of the processing software already mentioned is the final phase of the work, it also describes and details the procedures relating to data acquisition in the field, which uses other software such as Google Earth, responsible for demarcating the studied area, in addition to Drone Harmony, software responsible for preparing the flight plan that the drone will execute. Following this, the RTKCON software is used, which is responsible for converting the files coming from the GPS, another software of great value for the work is Agisoft Metashape in its version 1.5, which is responsible for carrying out the alignment, treatment and obtaining the geographic and altimetric coordinates of the images obtained with the drone. Finally, the already refined data will be used in Civil 3D, which will estimate the appropriate volumes. At the end of the processing, cut and fill volumes were found, of 29.19 m³ and 407.64 m³ respectively. If one opts for soil reuse, a volume of 378.46 m³ was found to be landfilled.

Keywords: Earthmoving, Infrastructure works, Image processing, Agisoft Metashape.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área em estudo - Avenida Governador Tarcísio Maia, Bairro Nova Betânia, Mossoró-RN, Brasil.	17
Figura 2 - Perfil de elevação do trecho.....	18
Figura 3 - Polígono demarcado.	19
Figura 4 - Importação do polígono.....	20
Figura 5 - Resultado da importação.	20
Figura 6- Modelo de plano de voo.	21
Figura 7 - Informações do plano de voo.....	22
Figura 8 – Início do voo.	23
Figura 9 - Coleta dos pontos de controle.....	23
Figura 10 – Extração dos pontos coletados.	24
Figura 11 – Interface inicial do RTKCONV.	25
Figura 12 – Detalhe das configurações para conversão.	25
Figura 13 – Resultado da conversão do ponto.	26
Figura 14 – Configurações do PPP.	27
Figura 15 – Resultado do processamento do PPP.	28
Figura 16 – Coordenadas dos pontos de controle.....	28
Figura 17 – Seleção das imagens para processamento.	29
Figura 18 – Alinhamento das imagens.	30
Figura 19 – Conversão de referências geográficas.....	30
Figura 20 – Seleção do sistema de coordenadas.	31
Figura 21 – Resultado da conversão.	31
Figura 22 – Importação dos pontos de controle.	32
Figura 23 – Configuração da importação dos pontos de controle.	33
Figura 24 – Finalização da importação dos pontos de controle.	34
Figura 25 – Configuração para posicionamento dos pontos de controle nas imagens.	34
Figura 26 – Posicionamento dos pontos de controle nas imagens.	35
Figura 27 – Otimização das câmeras.....	36
Figura 28 – Alinhamento em qualidade elevada.	36
Figura 29 – Construção da nuvem densa.	37
Figura 30 – Construção da ortofoto.....	38
Figura 31 – Exportação da ortofoto.....	39
Figura 32 – Criação das curvas de nível.	39
Figura 33 – Exportação das curvas de nível.....	40
Figura 34 – Upload das curvas de nível no Autocad Civil 3D,.....	41
Figura 35 – Importação da ortofoto.....	42
Figura 36 – Resultado da importação da ortofoto.	43
Figura 37 – Acionando as curvas de nível.	44
Figura 38 – Resultado da sobreposição das curvas com a ortofoto.....	44
Figura 39 – Criação da Superfície.....	45
Figura 40 – Adicionado os contornos.	46
Figura 41 – Nomeando os contornos.....	46

Figura 42 – Criação do Alinhamento.	47
Figura 43 – Definindo o nome do alinhamento.....	48
Figura 44 – Seleção da superfície do perfil de elevação.	49
Figura 45 – Criação do perfil de elevação.....	50
Figura 46 – Configuração do perfil de elevação.	50
Figura 47 – Resultado do perfil de elevação.	51
Figura 48 – Delimitação da área de estudo.	51
Figura 49 – Criação da linha de recursos.	52
Figura 50 – Seleção da elevação do platô.	53
Figura 51 – Edição rápida de elevações.	54
Figura 52 – Especificações das inclinações.	54
Figura 53 – Acesso as ferramentas do grade.	55
Figura 54 – Criação do grupo de grades.....	55
Figura 55 – Confirmação da criação da grade.....	56
Figura 56 – Acesso a edição dos critérios.	57
Figura 57 – Configuração da edição dos critérios.	57
Figura 58 – Criação do novo grade.	58
Figura 59 – Seleção do novo grade.	59
Figura 60 – Definição da direção do preenchimento.	59
Figura 61 – Resultado da estimativa das movimentações de terra.	60
Figura 62 – Acesso rápido ao perfil.	61
Figura 63 – Seleção dos perfis comparados.	61
Figura 64 – Perfil de elevação do solo e do grade.....	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. Objetivo geral.....	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Dados geoespaciais em obras da construção civil.....	13
3.2 Levantamento Topográfico	13
3.3 Método dos Volumes Finitos	14
3.4 Metodologia BIM (Modelagem de Informação da Construção)	14
4 METODOLOGIA	16
4.1. Caracterização da Área de estudo	16
4.2. Planejamento da coleta de dados.....	18
4.4. Coleta e tratamento dos dados.....	22
4.5. Estimativas das movimentações de terra.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65

1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores dificuldades encontradas se dá em realizar com precisão as estimativas das movimentações de terra, sejam elas de aterro ou cortes, para isso, foram desenvolvidos diversos métodos, equipamentos e softwares para realizar tais funções de maneira mais eficiente e rápida.

No decorrer da graduação, observou-se que um dos métodos mais sugeridos na criação das superfícies é utilizando o software Autocad Civil 3D com a entrada de dados contendo pontos georreferenciados e com seus respectivos dados de elevação. Para obtenção desses dados, costuma-se utilizar-se de equipamentos como estações topográficas, que, apesar da grande precisão entregue nesse método, sua principal dificuldade é no tempo necessário para a coleta dos dados, principalmente quando aplicado a obras de grande extensão.

Outro fator que viabiliza a aplicação do método a ser apresentado é a facilidade de execução em grandes áreas, as quais as aeronaves remotamente pilotadas, comumente denominadas de drones, conseguem cobrir em pouco tempo, associado a isso, tem-se ainda uma redução na interferência humana, já que as imagens são coletadas de forma automática conforme previsto no plano de voo, reduzindo assim a dependência humana apenas no posicionamento e acionamento do GPS.

Diante da crescente demanda por precisão e rapidez nos projetos, os artifícios supracitados tornam-se fundamentais na realização de tamanho feito, sendo assim, o presente trabalho busca expor um método para a elaboração de uma estimativa de aterros e corte em obras de infraestrutura, tal método pode ser replicado em diversas obras, contudo, a fim de exemplo a obra em questão será um platô genérico criado numa estrada que se encontra em condição vicinal.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho busca demonstrar um método para a obtenção e processamento de dados advindos de levantamento em campo e coletados por meio de veículos aéreos não tripulados (VANTs), os quais serão utilizados na realização de uma estimativa de valores de aterros e cortes em obras de infraestrutura, utilizando-se principalmente o software Autodesk Civil 3D e dados geoespaciais.

2.2. Objetivos específicos

Aplicar um método para obtenção de dados altimétricos georreferenciados em campo, com enfoque no uso de VANTs e equipamentos de georreferenciamento de alta precisão;

Aplicar um método de processamento de imagens aéreas a fim de tratar os dados altimétricos advindos do levantamento em campo e, a partir destes criar dados básicos para serem utilizados em projetos de pavimentação;

Apresentar como se dá a disponibilização dos resultados obtidos em todas as etapas do método a ser sugerido.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Dados geoespaciais em obras da construção civil

Segundo CORCINO et al. (2021), “se a disposição de tempo e capacidade de máquina para processamento das imagens for limitada, deve-se fazer o estudo em 100 metros. Isso se dá pelo fato dessa altura apresentar dados estatísticos melhores, além de possuir menor número de imagens o que facilita em uma situação onde o operador tem tempo limitado em campo e capacidade de processamento reduzida.”.

A altura em que o voo é realizado interfere diretamente na qualidade das imagens geradas, no tamanho do arquivo de tais imagens e por conseguinte no resultado final das estimativas. Ainda com relação ao trabalho supracitado, CORCINO et al. (2021), “quanto mais alto se faz o levantamento, mais rápido é o voo, menor é o tamanho do arquivo de imagem gerado e mais rápido é o processamento. Por outro lado, menor é o nível de detalhamento das imagens e a fidelidade dos dados coletados”.

3.2 Levantamento Topográfico

Segundo DOUBEK et al. (1989) VEIGA et al. (2012), “A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana.”

Para Lima et al. (2012), antes de se executar qualquer serviço sobre um terreno, é necessário, por razões técnicas, ambientais e orçamentárias, analisar e adequar às variações nas cotas de altura do terreno do projeto proposto em relação ao terreno natural.

No ramo da engenharia civil, um dos termos mais utilizados em obras que envolvem pequenas e grandes movimentações de terra são “Cortes” e “Aterros”, aos quais se referem-se à remoção de solo até o nível previsto em projeto e adição de solo até o nível referido anteriormente, respectivamente.

Como definiu ROSIM; NAMIKAWA et al. (1996), a cota de corte define um patamar, um plano que intercepta o relevo em estudo. O relevo que se encontrar acima dessa cota é considerado para o cálculo do volume de corte e o que estiver abaixo é considerado para o cálculo do volume de aterro.

Atualmente, ainda é muito comum utilizar-se de teodolitos ou estações totais na coleta de dados para criação de curvas de níveis do terreno, essas curvas irão servir para estimar o volume de terra a ser movimentada. Segundo BORGES et al. (2019), as curvas de nível “São linhas que ligam pontos do terreno, e têm a mesma cota (mesma altitude)”.

A prática consiste na ida a campo de pelo menos dois operadores com tais equipamentos para a medição dos pontos, onde um operador fica responsável pela estação total e o outro por posicionar a baliza; após isso, o equipamento captura o ponto junto de suas respectivas informações pertinentes (latitude, longitude e altimetria); depois de realizar a captura de uma quantidade relevante de pontos, é feita a estimativa de suas curvas de níveis, as quais irão servir de base para estimar os valores de cortes e aterros.

3.3 Método dos Volumes Finitos

Para Eastman et al. (2008), o uso sistemas de informações permitem gerar de forma automática documentos, desenhos, quantitativos, de forma constante e vinculada.

Dentre os softwares que realizam estimativas de aterros e cortes, tem-se em especial o Autodesk Civil 3D, onde o método mais utilizado na realização de tais previsões é o de volumes finitos, também conhecido como método dos prismas ou método dos volumes compostos.

Tal método consiste basicamente em dividir a área estudada em vários elementos de áreas e volumes conhecidos, prismas retangulares ou triangulares, suas dimensões são atribuídas pelo próprio software de acordo com as dimensões da área em questão.

Segundo a Autodesk et al. (2024), o corte, aterro e os volumes líquidos são calculados com base nas diferenças de elevações entre as superfícies.

De acordo com VILELA et al. (2014), “para projetos que solicitem um grau de precisão superior, conclui-se ser mais indicado o software Civil 3D, já que suas variações de volumes acumulados entre diferentes afastamentos de seções apresentaram menor amplitude”.

3.4 Metodologia BIM (Modelagem de Informação da Construção)

A modelagem de informação da construção, BIM, tem seu conceito ainda relativamente novo, devido a isso ainda não há um consenso para tal. Segundo a Autodesk et al. (2024), empresa de prestígio que se destaca na produção e venda de diversos softwares, os quais fazem uso da metodologia de Modelagem de Informação da Construção, BIM, “é o processo holístico

de criação e gerenciamento de informações para um recurso construído. Com base em um modelo inteligente e habilitada por uma plataforma na nuvem, a BIM integra dados estruturados e multidisciplinares para produzir uma representação digital de um recurso em todo seu ciclo de vida, desde o planejamento e o projeto até a construção e as operações.”, “é a base da transformação digital no setor de arquitetura, engenharia e construção”.

De acordo com a definição apresentada por CHUCK EASTMAN; PAUL TEICHOLZ; RAFAEL SACKS; KATHLEEN LISTON et al. (2008) no "Manual do BIM", BIM é caracterizado como "um processo para combinar informação e tecnologia para criar uma representação digital de um projeto que integra dados de muitas fontes e evolui em paralelo com o projeto real em todo o seu ciclo de vida, incluindo desenho, construção e informação operacional em uso"

“[...] o BIM é uma plataforma inteligente onde cada aspecto do modelo está ligado aos outros com o objetivo de retratar o melhor possível a realidade e, com isso, possibilitar um elevado nível de controle sobre os processos envolvidos em um empreendimento da construção civil.” (BEZERRA, 2018, p. 19).

4 METODOLOGIA

4.1. Caracterização da Área de estudo

A área escolhida para a presente pesquisa encontra-se no município de Mossoró, no interior do estado brasileiro do Rio Grande do Norte (RN), e está localizado coordenadas geográficas de 05° 11' 15" de latitude sul e 37° 20' 39" de longitude oeste, e altitude em relação ao nível médio do mar de 20 metros. O município de Mossoró-RN no último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), no ano de 2022, contava com uma população estimada em 264.577 habitantes.

O clima do município é caracterizado como semiárido, do tipo "BSh" pela classificação de Köppen. No que se refere a sua vegetação, está é predominantemente do tipo caatinga.

Para execução da pesquisa, como área amostral, foi selecionado um trecho da Avenida Governador Tarcísio Maia (Figura 1). O trecho em questão é uma estrada vicinal localizada no bairro Nova Betânia, o qual pertence ao município supracitado. Seu comprimento estimado é de 1.221 m, e tem seu ponto mais baixo cotado a 36 m de altitude, e o mais alto a 60 m. As coordenadas geográficas da área em estudo são: 5° 9'57.54"S e 37°22'46.51"O; 5° 9'56.70"S e 37°22'47.38"O; 5° 9'29.15"S e 37°22'25.36"O; 5° 9'31.03"S e 37°22'23.68"O.

A escolha de tal estrada foi baseada no fato que apenas um trecho é pavimentado, a possibilidade de completar sua pavimentação exerceria papel importante, tendo em vista que esta facilitaria o acesso de moradores e trabalhadores de dois grandes condomínios próximos ao local, bem como melhoraria o acesso à residências de menor poder aquisitivo e à duas empresas do ramo rural com foco na produção de ovos.

Figura 1 – Localização da área em estudo - Avenida Governador Tarcísio Maia, Bairro Nova Betânia, Mossoró-RN, Brasil.



Fonte: Google Earth.

4.2. Planejamento da coleta de dados

A fim de garantir qualidade nas imagens a serem geradas, adotou-se uma área maior que a da própria estrada em si, para isso utilizou-se do software gratuito Google Earth (GOOGLE EARTH, 2024) para demarcar o caminho já existente da estrada e um polígono que irá recobrir a área estudada.

Utilizando o comando “adicionar caminho” foi possível demarcar o trecho exposto na Figura 1, em seguida, usamos no caminho criado o comando “mostrar perfil de elevação”, onde são extraídas algumas informações como o comprimento e seu perfil de elevação. Abaixo segue a Figura 2 com o procedimento e resultado.

Figura 2 - Perfil de elevação do trecho.

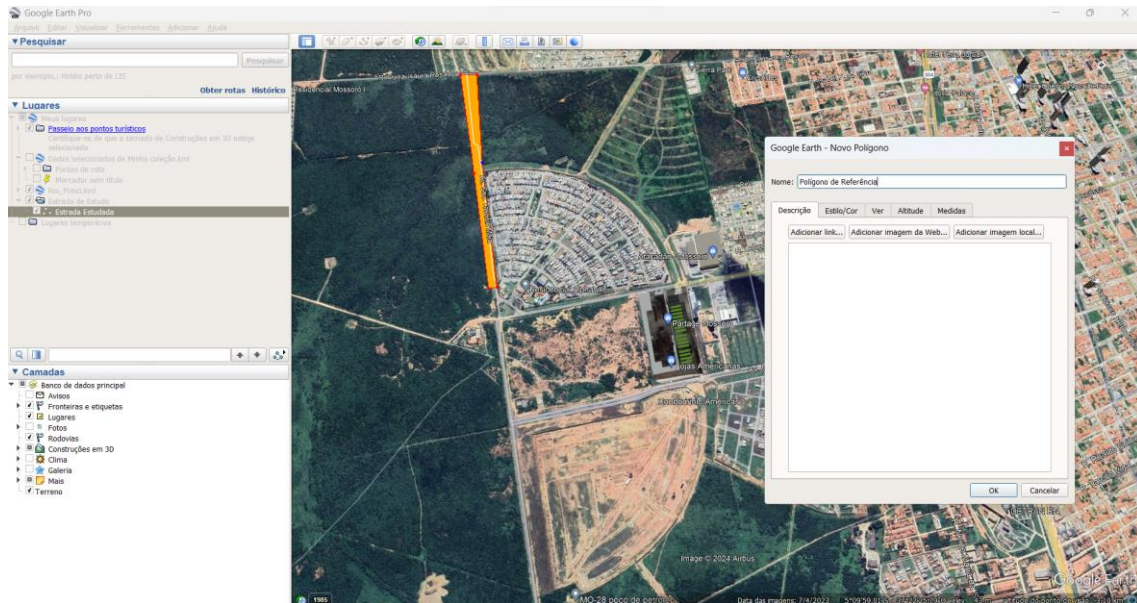


Fonte: Adaptado pelo autor do Google Earth.

4.3. Planejamentos de voo

De posse do caminho demarcado, utiliza-se o comando “Adicionar Polígono”, com isso, é traçado um polígono com a área a ser sobrevoada. No polígono criado, acessando o comando “propriedades” e seguindo para a aba “Medidas”, pode-se obter algumas informações relevantes, como seu perímetro e área, de valores iguais a 2.276 m e 52,925 m². respectivamente. Abaixo encontra-se a Figura 3 com o procedimento e resultado.

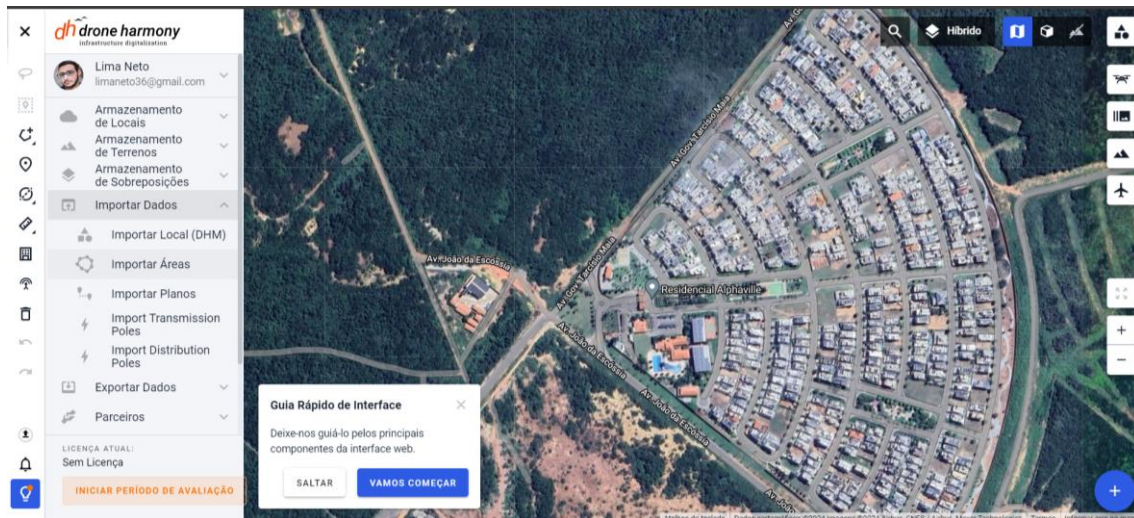
Figura 3 - Polígono demarcado.



Fonte: Adaptado pelo autor do Google Earth.

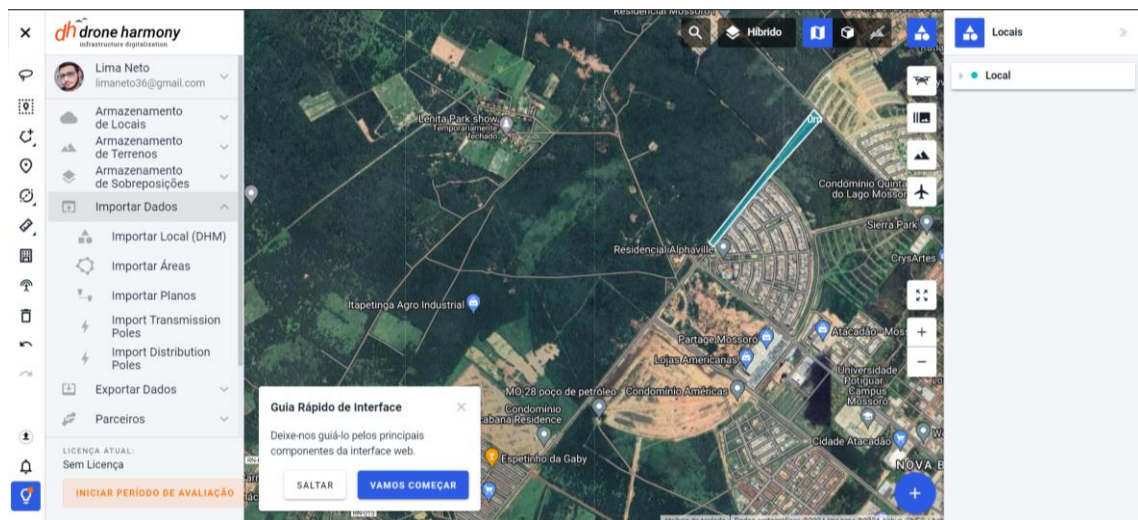
Por fim, o arquivo em questão foi salvo na extensão “.KML”, o qual foi utilizado de base para a criação efetiva do plano de voo. Seguindo para o site da Drone Harmony (<https://droneharmony.com/>), importou-se o arquivo criado anteriormente através da guia “Importar Dados”, e em seguida “Importar Áreas”. Segue abaixo as Figuras 4 e 5 com os procedimentos e resultado.

Figura 4 - Importação do polígono.



Fonte: Adaptado pelo autor do Google Earth.

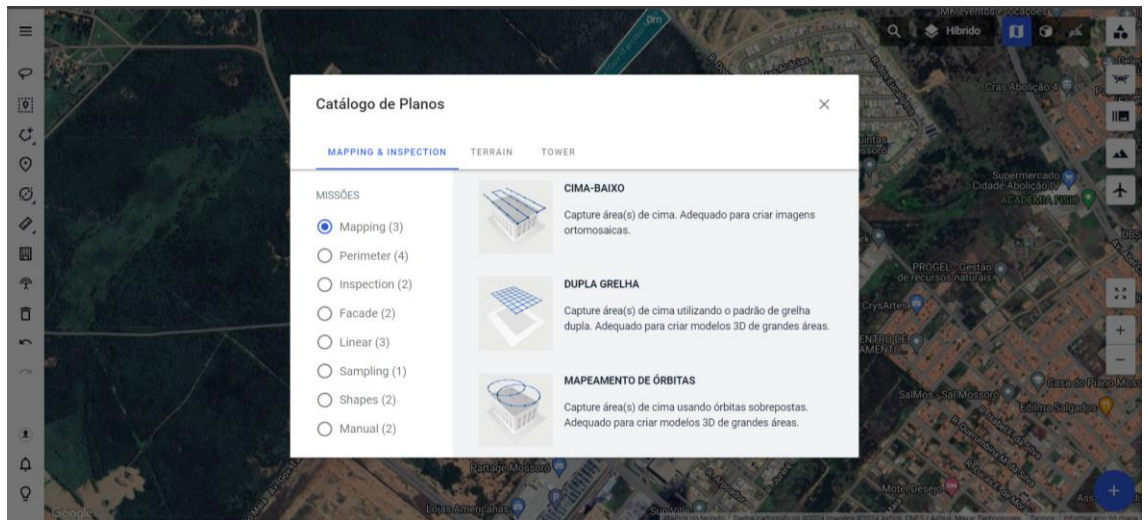
Figura 5 - Resultado da importação.



Fonte: Autoria própria.

Clicando no ícone do círculo azul com o símbolo de mais ao centro, abriu-se a janela “Catálogo de Planos”, onde nela foi feita a escolha do plano de voo desejado, como o estudo demandará a criação de um modelo 3D de uma área grande, optou-se pela opção de plano “Dupla Grelha”. Segue abaixo a Figura 6 com o demonstrativo.

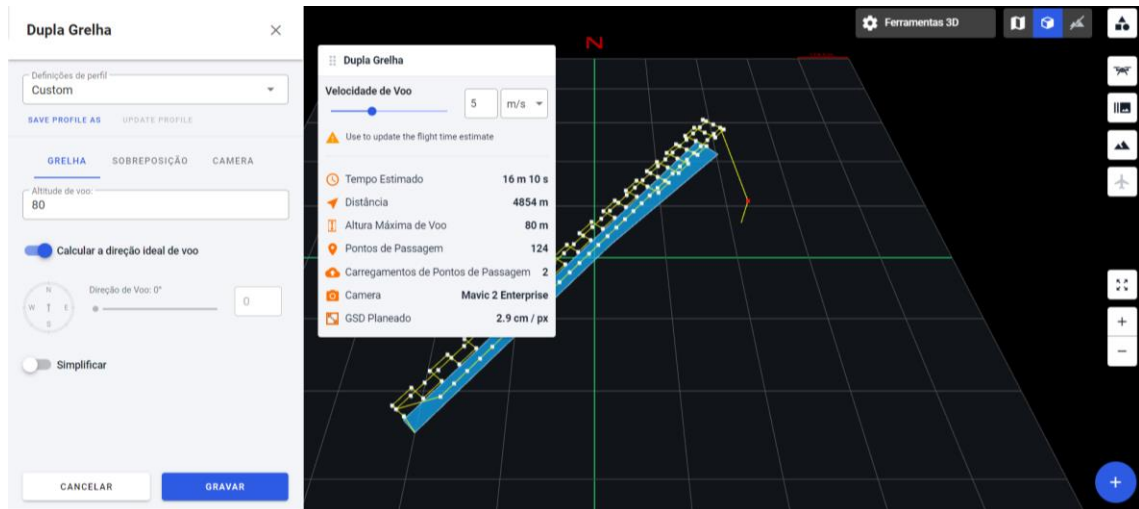
Figura 6- Modelo de plano de voo.



Fonte: Autoria própria.

Em sequência, foi selecionado o modelo de drone a ser utilizado no voo e demais informações pertinentes, como altura de voo, recobrimentos lateral e frontal das imagens, velocidade da aeronave e seu ponto de decolagem e pouso, os quais são respectivamente o modelo Mavic Air 2, da fabricante DJI; 80 m de altura; 70% de recobrimentos lateral e frontal; percorrendo o trajeto a uma velocidade de $5,0 \text{ m.s}^{-1}$; onde foram coletadas 96 imagens com um GSD de 2,9 cm/pixel; além disso o voo foi realizado em aproximadamente 16 minutos utilizando-se apenas de uma bateria. Segue abaixo a Figura 7 com os demonstrativos.

Figura 7 - Informações do plano de voo.



Fonte: Autoria própria.

Finalizado o plano de voo, foi realizada a exportação do plano para o APP e seguiu para a etapa em campo, para a realização do voo e para a coleta dos pontos de controle. Para a realização da coleta dos pontos de controle, utilizou-se o receptor de GPS do modelo POLS100, entretanto o trabalho também pode ser realizado com equipamentos mais modernos e rápidos, os quais irão garantir maior precisão e rapidez, porém, com esse equipamento tornou-se possível georreferenciar as imagens.

4.4. Coleta e tratamento dos dados

Tendo em posse o plano de voo, o drone e o GPS, foi iniciada a etapa de levantamento em campo, a fim de se realizar a coleta dos dados. Para isso, posicionou-se o drone no local demarcado e em seguida iniciou-se o voo, junto do voo, foi realizada a coleta dos pontos de controle, para tal optou-se por deixar o GPS posicionado em cada ponto por 15 minutos. Segue abaixo as Figuras 8 e 9 com a demonstração.

Figura 8 – Início do voo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9 - Coleta dos pontos de controle.

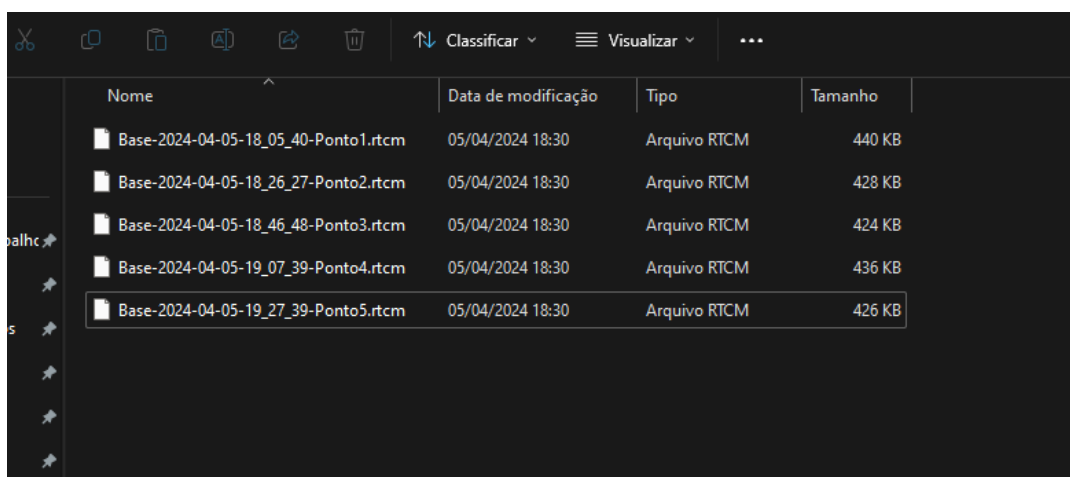


Fonte: Autoria própria.

Após a realização do voo e da coleta de pontos, seguiremos para o tratamento e processamento dos dados, iniciando pela extração dos pontos capturados pelo GPS. Nesse caso adotou-se 5, caso busque-se maior precisão é recomendado a utilização de mais pontos de controle e consequentemente com menor espaçamento entre si.

Quando extrai-se os pontos do GPS, o arquivo gerado tem a extensão “.rtcm”, nessa extensão não é possível a realização do Posicionamento por ponto preciso, PPP, através do site do IBGE, para tal, é necessário a conversão para arquivos do tipo RINEX 2 na versão 2.11, para realizar essa conversão utilizou-se do software pago RTKCONV. Segue em sequência a Figura 10 com os detalhes.

Figura 10 – Extração dos pontos coletados.

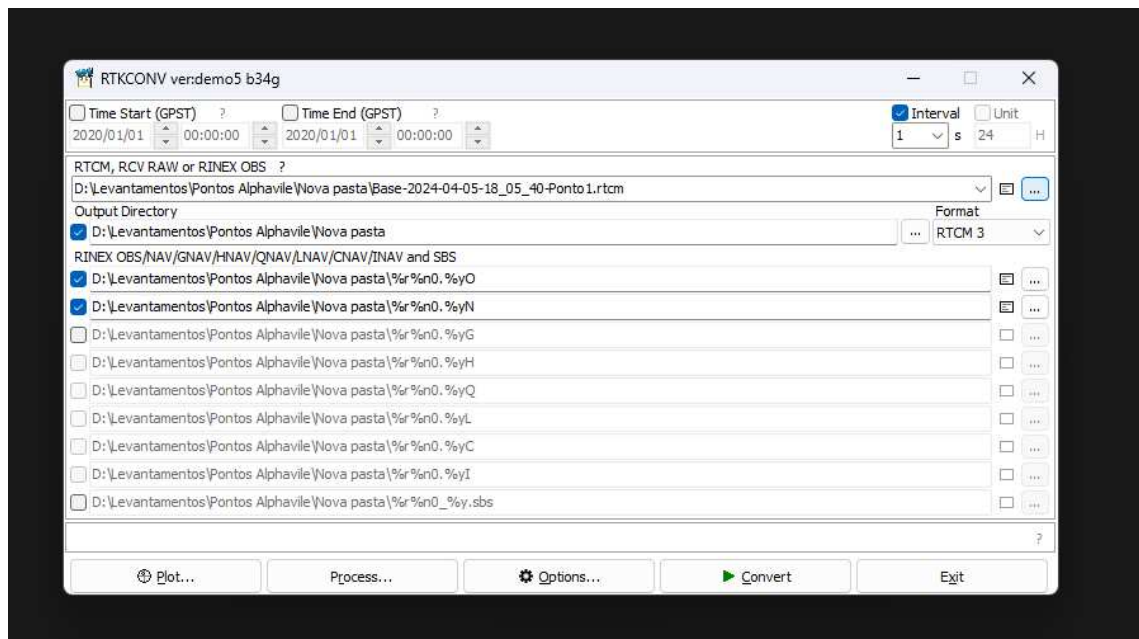


Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
Base-2024-04-05-18_05_40-Ponto1.rtc	05/04/2024 18:30	Arquivo RTCM	440 KB
Base-2024-04-05-18_26_27-Ponto2.rtc	05/04/2024 18:30	Arquivo RTCM	428 KB
Base-2024-04-05-18_46_48-Ponto3.rtc	05/04/2024 18:30	Arquivo RTCM	424 KB
Base-2024-04-05-19_07_39-Ponto4.rtc	05/04/2024 18:30	Arquivo RTCM	436 KB
Base-2024-04-05-19_27_39-Ponto5.rtc	05/04/2024 18:30	Arquivo RTCM	426 KB

Fonte: Autoria própria.

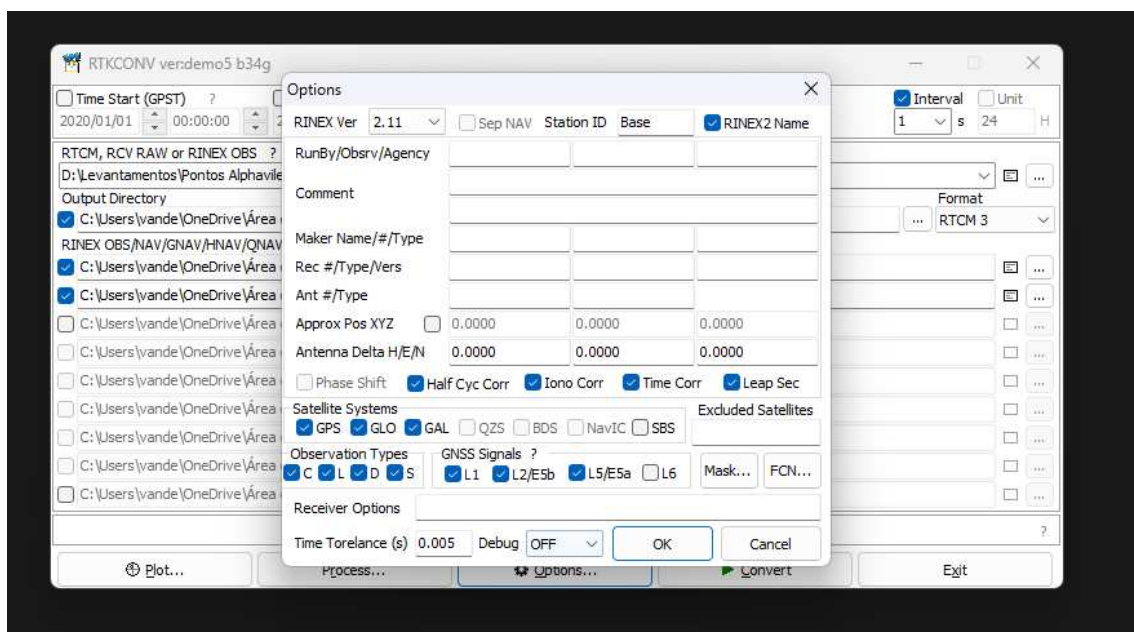
Ao abrir o software RTKCONV, clicou-se no ícone “...” e localizou-se os pontos salvos anteriormente, em que, após carregar o primeiro ponto, clicou-se na função “Options...”, selecionando a extensão a qual será convertida e sua versão, no caso a RINEX 2 v2.11; clicou-se em “OK” e em seguida em “Convert”. Segue as Figuras 11 e 12 com as demonstrações.

Figura 11 – Interface inicial do RTKCONV.



Fonte: Autoria própria.

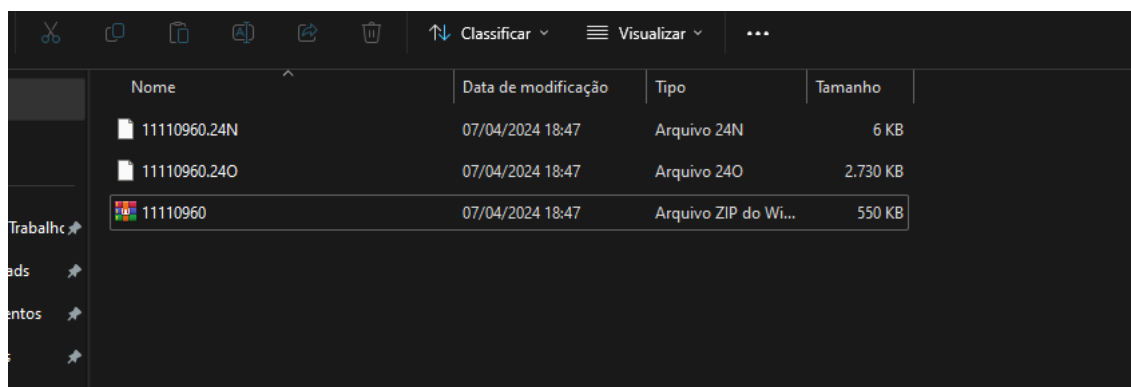
Figura 12 – Detalhe das configurações para conversão.



Fonte: Autoria própria.

Realizado o processo para 1 ponto, foram gerados 2 arquivos do tipo “Arquivo 24N” e “Arquivo 24O”, os quais foram compactados/zipados e, posteriormente, levados ao site do IBGE para a realização do PPP. Segue em sequência a Figura 13 com o resultado do processo.

Figura 13 – Resultado da conversão do ponto.



Fonte: Autoria própria.

De posse desse arquivo, seguiu-se para o site do IBGE, onde clicou-se em “Selecionar arquivo”, e foi feito o upload do arquivo *.zip* gerado anteriormente.

O modo de processamento escolhido foi o estático, o tipo da antena é a POLS100, e a altura em que foi realizada a coleta, nesse caso 1,70 m. Tendo realizado esse passo, foi-se em “Processar”, onde indicou-se a data a qual foi realizada a coleta dos pontos e o Datum ao qual foi utilizado, no caso o Datum “SIRGAS 2000”, que é o oficial do Brasil, e por fim aguardou-se o download dos arquivos processados. Segue em a Figura 14 com detalhes do processo.

Figura 14 – Configurações do PPP.

The screenshot shows the 'Configurações do PPP' (PPP Settings) page. The header includes the IBGE logo and a search bar. The sidebar on the left has links: 'O que é', 'Saiba mais', 'Processar os dados' (highlighted), 'Notícias e Releases', and 'Outras informações'. The main content area is titled 'Seleção o Modo de Processamento:' and includes a radio button for 'Estático' (selected) and a link for 'Cinemático'. Below this is a section 'Seleção um arquivo RINEX:' with a list of supported formats and a file selection button. A note states: 'Os valores selecionados abaixo serão adotados para todos os RINEX que estejam comprimidos em um único arquivo:'. The form includes fields for 'Tipo de Antena:' (set to 'POL/SISO NONE'), 'Altura da antena (m):' (set to '1.70'), and 'E-mail válido do usuário, não pode conter espaços ou tabs:'. There are checkboxes for 'Concordo que os resultados dos processamentos poderão ser utilizados pelo IBGE...' and 'A altura da antena somente será alterada se esta caixa estiver marcada:'. A 'Nota:' at the bottom explains that processing starts after file upload and may take a few minutes. At the bottom are 'Processar' and 'Limpar Dados' buttons.

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 15 é mostrado um arquivo do tipo *.PDF* com o resultado do processamento e estimativa de erro, nele extraiu-se as informações pertinentes e avaliou-se a sua qualidade. As informações extraídas são as que estão em destaque na figura citada, onde: UTM N(m), UTM E (m) e Alt. Geo (m), as quais se referem, respectivamente, a representação da posição em metros ao norte, a representação da posição em metros ao leste e sua elevação em relação ao nível do mar em metros.

Figura 15 – Resultado do processamento do PPP.

Modelo da Antena: POLS100 NONE
Órbitas dos satélites: RÁPIDA
Frequência processada: L3
Intervalo do processamento(s): 1,00
Sigma² da pseudodistância(m): 5,000
Sigma da portadora(m): 0,010
Altura da Antena³(m): 1,700
Ângulo de Elevação(graus): 10,000
Resíduos da pseudodistância(m): 1,42 GPS 4,29 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm): 0,86 GPS 0,84 GLONASS

Coordenadas SIRS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000,4 (E a que deve ser usado)	-5° 09' 57,4909"	-37° 22' 46,5190"	50,54	9428760,888	679607,391	-39
Na data do levantamento ⁵	-5° 09' 57,4819"	-37° 22' 46,5216"	50,54	9428761,165	679607,312	-39
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,042	0,239	0,211			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoHNOR_IMBITUBA	
Fator para Conversão (m):	-7,46	Incerteza (m): 0,06
Altitude Normal (m):	58,00	

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência	Duas frequências
Planimétrico		
Altimétrico		
Planimétrico		
Altimétrico		

Fonte: Autoria própria.

Para dar sequência ao trabalho, repetiu-se todo o processo supracitado aos demais pontos, e ao final juntou-se todas as informações, UTM N(m), UTM E (m) e Alt. Geo (m), respectivamente, em um arquivo de texto com extensão “.txt” ao qual foi utilizado posteriormente. Adiante a Figura 16 com o demonstrativo das informações dos pontos de controle.

Figura 16 – Coordenadas dos pontos de controle.

Arquivo	Editar	Exibir
9428760,915	679607,474	58,02
9428850,956	679672,064	53,09
9428944,520	679748,714	49,18
9429076,060	679866,705	45,09
9429198,844	679966,981	42,1

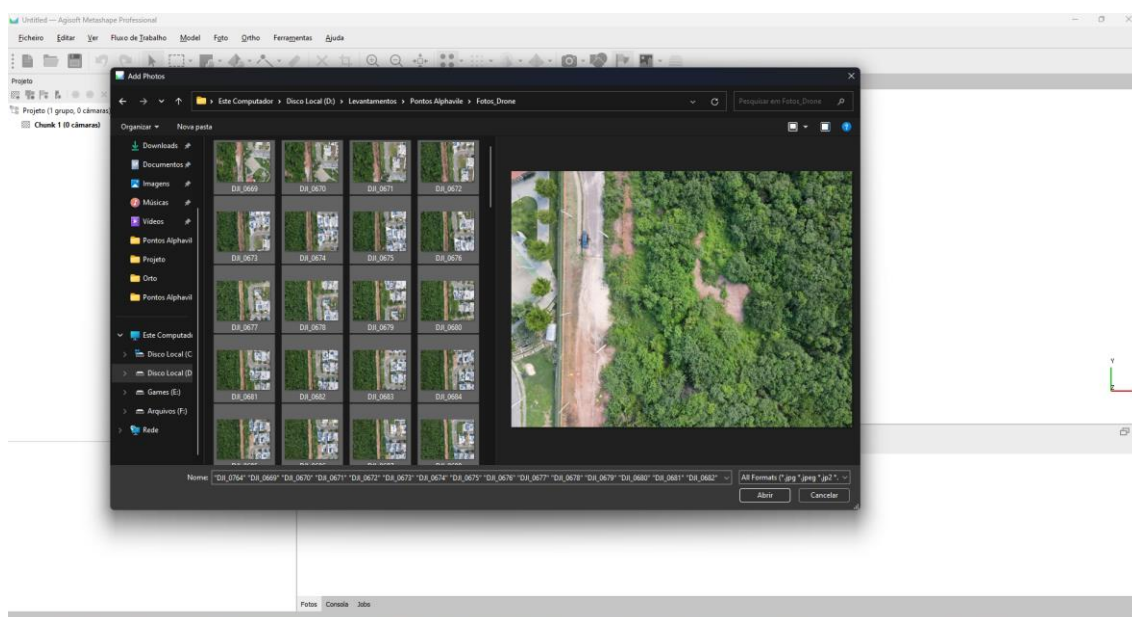
Ln 1, Col 1 195 caracteres 100% Windows (CRLF) UTF-8

Fonte: Autoria própria.

A próxima etapa seguiu-se para o processamento das imagens coletadas pelo drone, para isso, utilizou-se do software “Agisoft Metashape”, onde nele foi realizado o upload das imagens capturadas e, em seguida, o seu tratamento e processamento.

No software Agisoft Metashape, na guia “fluxo de trabalho”, clicou-se em “Adicionar fotos” e foi feito o upload das imagens em questão. (Figura 17).

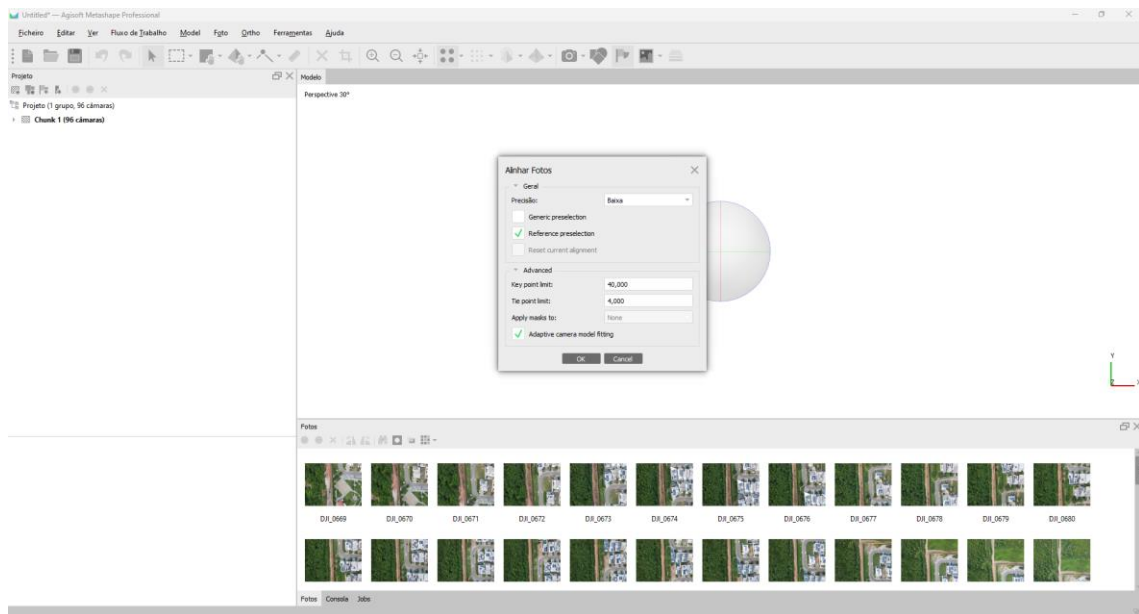
Figura 17 – Seleção das imagens para processamento.



Fonte: Autoria própria.

Logo após o upload das imagens, seguiu-se na guia “Fluxo de trabalho” e em seguida clicou-se em alinhar foto. Inicialmente, foram alinhadas com a precisão selecionada em baixa qualidade. (Figura 18).

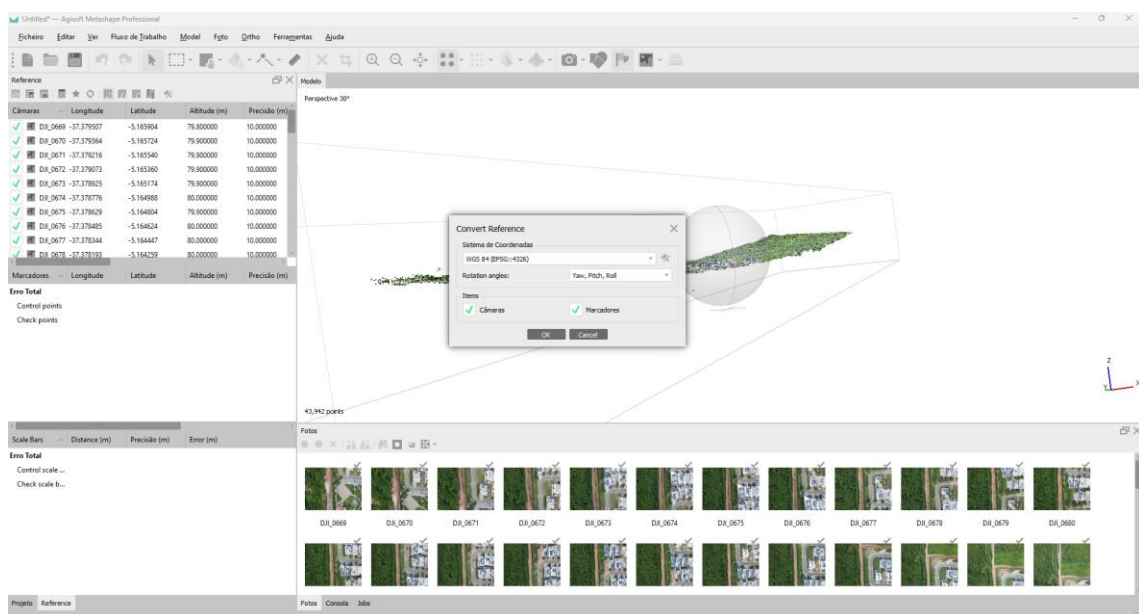
Figura 18 – Alinhamento das imagens.



Fonte: Autoria própria.

Inicialmente, as coordenadas estavam como latitude, longitude e altitude, onde, diante disso, fez-se necessário a conversão das coordenadas para o sistema em que se encontram os pontos, SIRGAS 2000, para isso usou-se o comando “Convert reference”, em que nele foi selecionado a regência supracitada. (Figura 19).

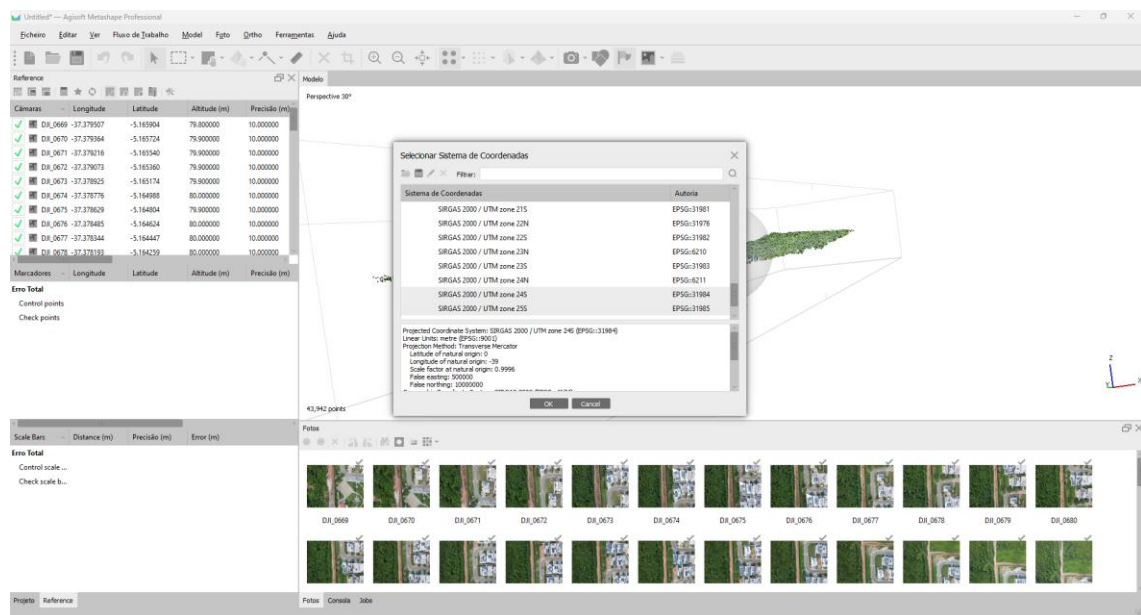
Figura 19 – Conversão de referências geográficas.



Fonte: Autoria própria.

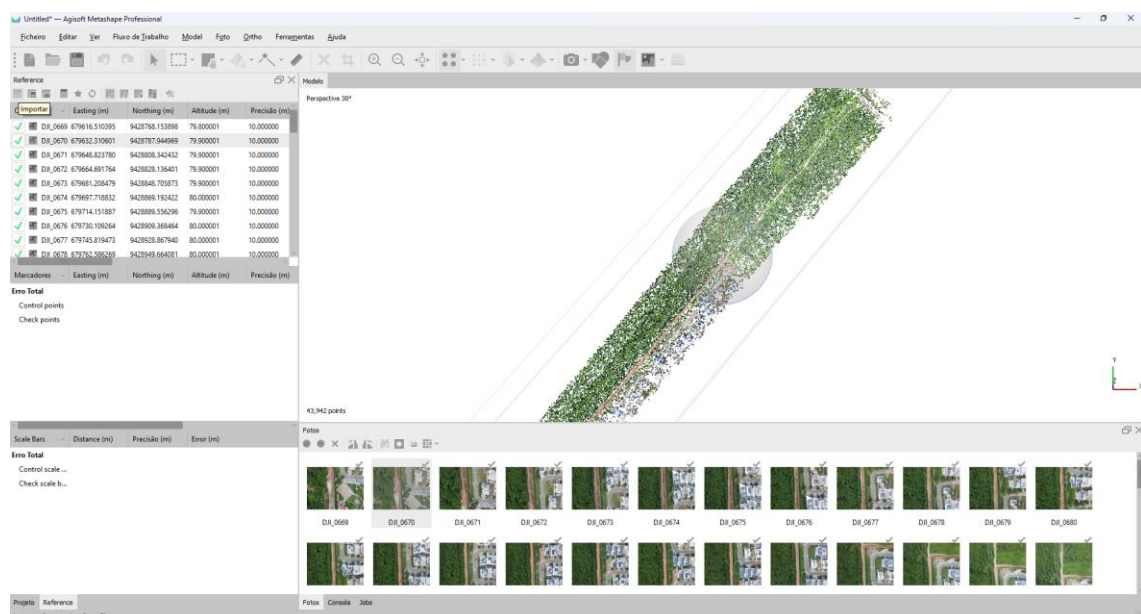
Clicando na seta ao lado de sistema de coordenadas, foi possível selecionar a referência desejada, nesse caso é o “SIRGAS 2000 / projeção cartográfica UTM, zona 24Sul, com código EPSG 31984”. Seguem as Figuras 20 e 21 com o demonstrativo e resultado final, respectivamente.

Figura 20 – Seleção do sistema de coordenadas.



Fonte: Autoria própria.

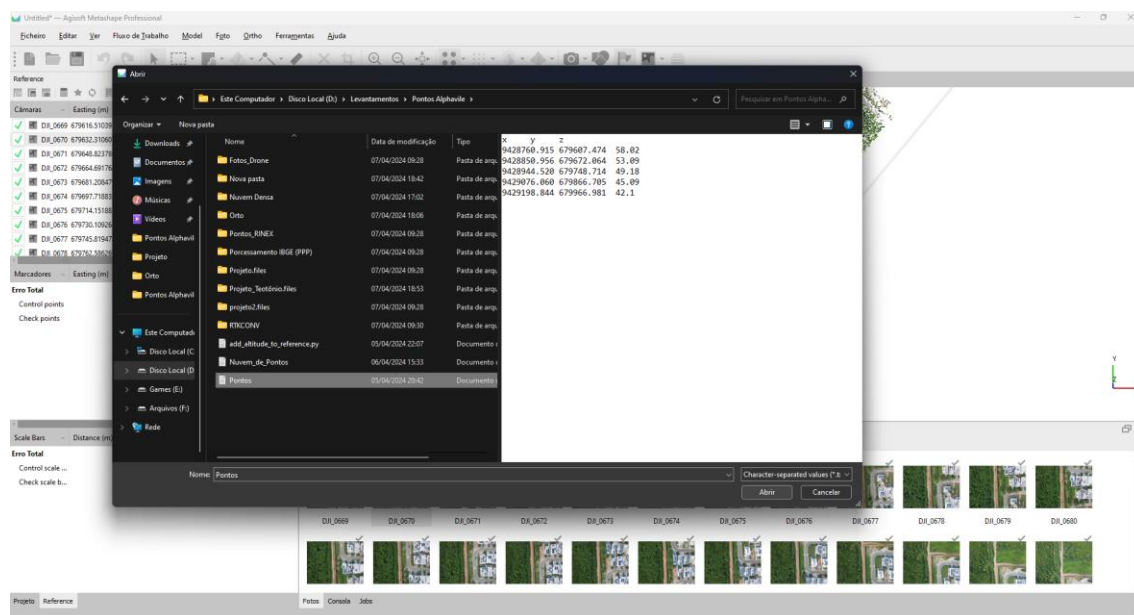
Figura 21 – Resultado da conversão.



Fonte: Autoria própria.

Feita a conversão, importou-se os pontos de controle que foram processados anteriormente, visto que isso garantia ainda mais precisão dos dados. Para importar os pontos, utilizou-se do comando “importar”, localizado na aba inferior do software. (Figura 22).

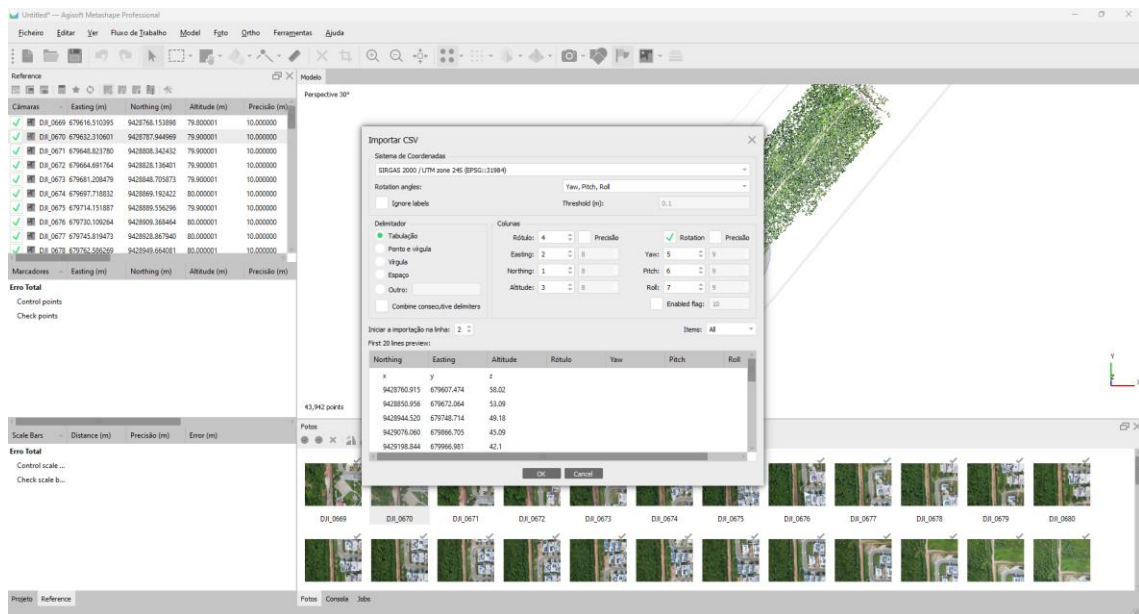
Figura 22 – Importação dos pontos de controle.



Fonte: Autoria própria.

Ao realizar o upload do arquivo, foi configurado como ele seria interpretado pelo software. Assim sendo, definiu-se o mesmo sistema de coordenadas, “SIRGAS 2000 / UTM zone 24S: EPSG 31984”. Para a sua formatação, utilizou-se a tabulação para dividir as coordenadas e selecionar a partir de que linha o arquivo seria lido. Optou-se por ler a partir da segunda linha, pois a primeira ficou definida como uma espécie de identificação dos dados. (Figura 23).

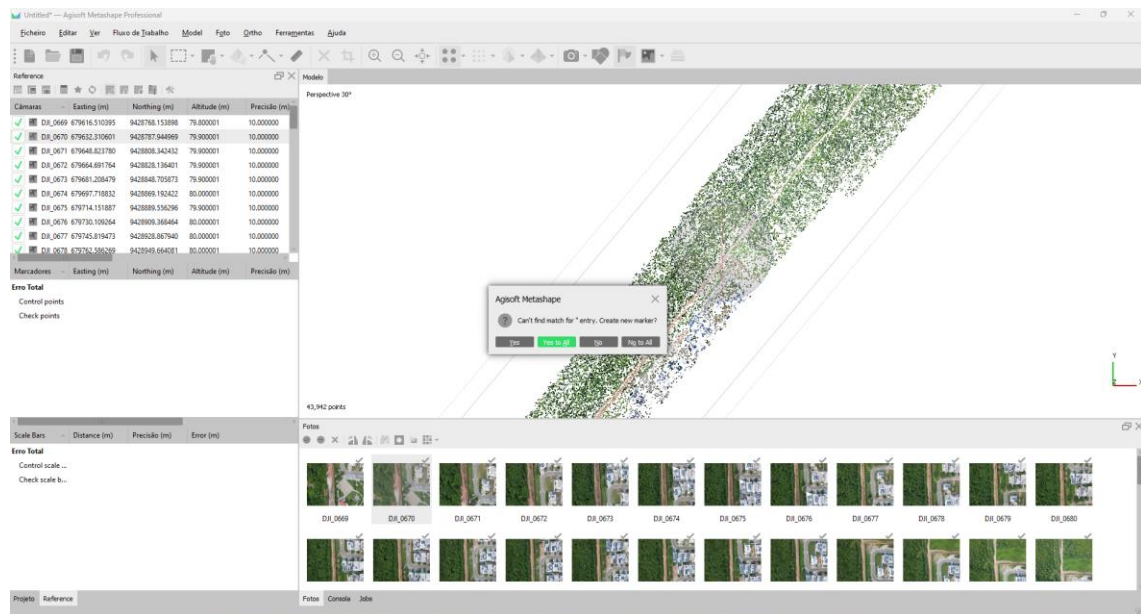
Figura 23 – Configuração da importação dos pontos de controle.



Fonte: Autoria própria.

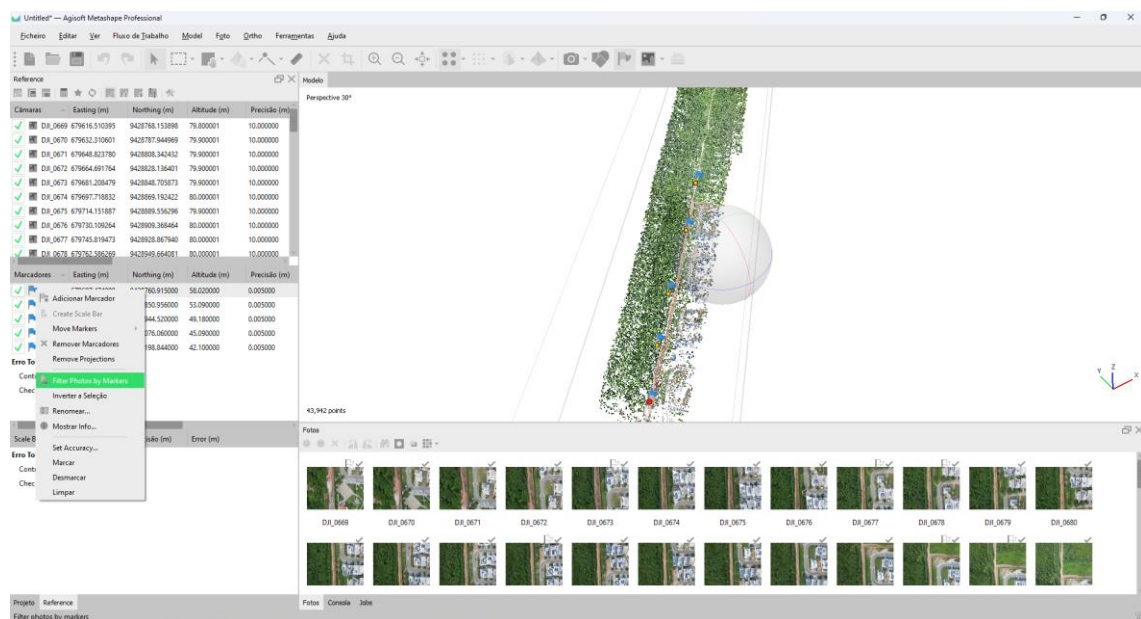
Após completada a importação, selecionou-se nas fotos o local dos pontos de controle, clicando-se com o botão direito do mouse em um ponto selecionado, e em seguida na opção “Filter Photos by Makers”. Posteriormente a isso, foi feito o posicionamento, e esse procedimento foi realizado com todos os demais pontos. Segue abaixo as Figuras 24, 25 e 26 com os demonstrativos.

Figura 24 – Finalização da importação dos pontos de controle.



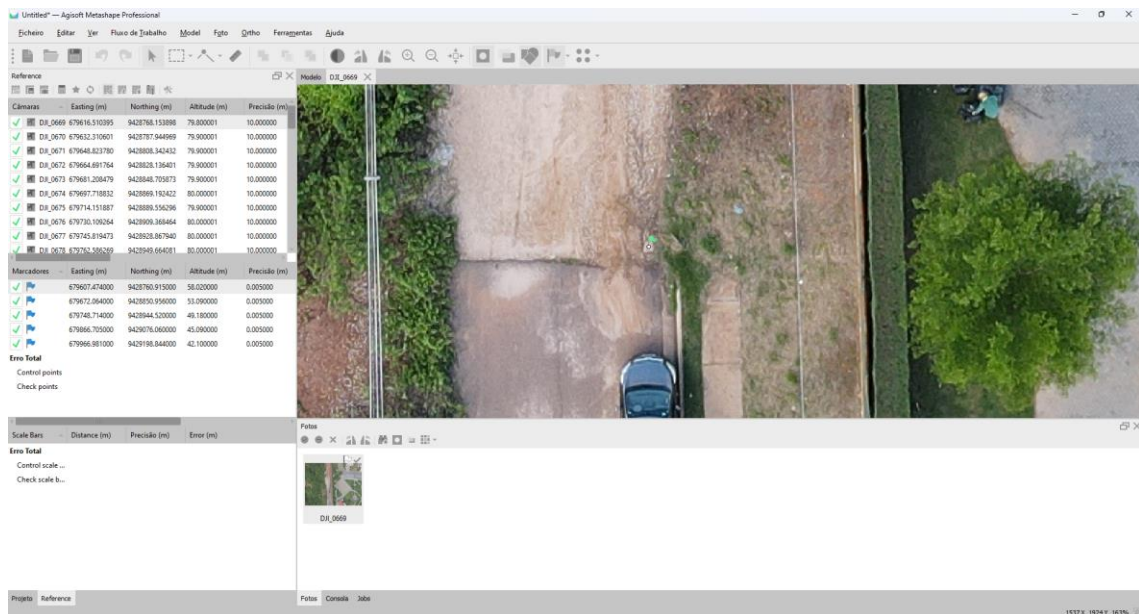
Fonte: Autoria própria.

Figura 25 – Configuração para posicionamento dos pontos de controle nas imagens.



Fonte: Autoria própria.

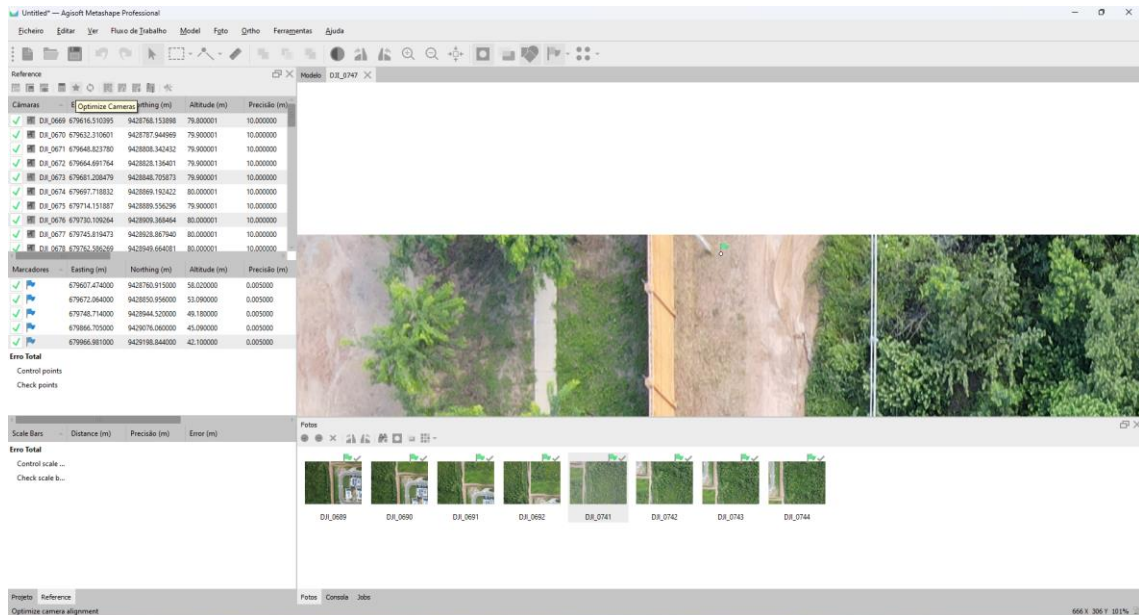
Figura 26 – Posicionamento dos pontos de controle nas imagens.



Fonte: Autoria própria.

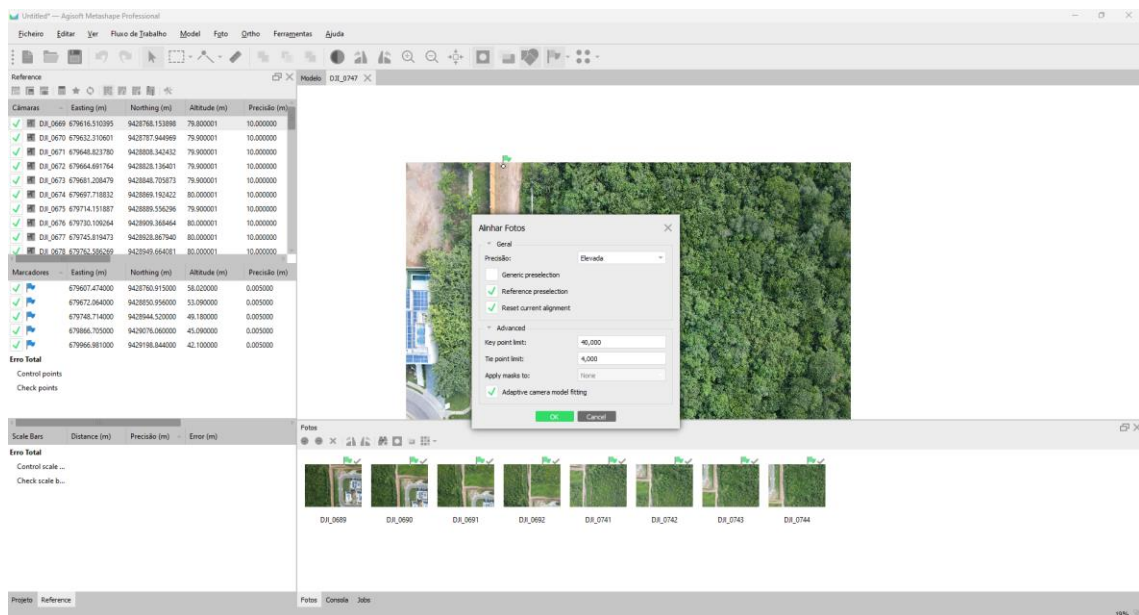
Finalizado o posicionamento dos pontos nas imagens, utilizou-se do comando “Optimize cameras” para ajustar o as coordenadas das imagens de acordo com as dos pontos de controle, sendo em seguida realizado um novo alinhamento das imagens, dessa vez sendo feito em qualidade elevada. Adiante tem-se a demonstração do procedimento nas Figuras 27 e 28.

Figura 27 – Otimização das câmeras.



Fonte: Autoria própria.

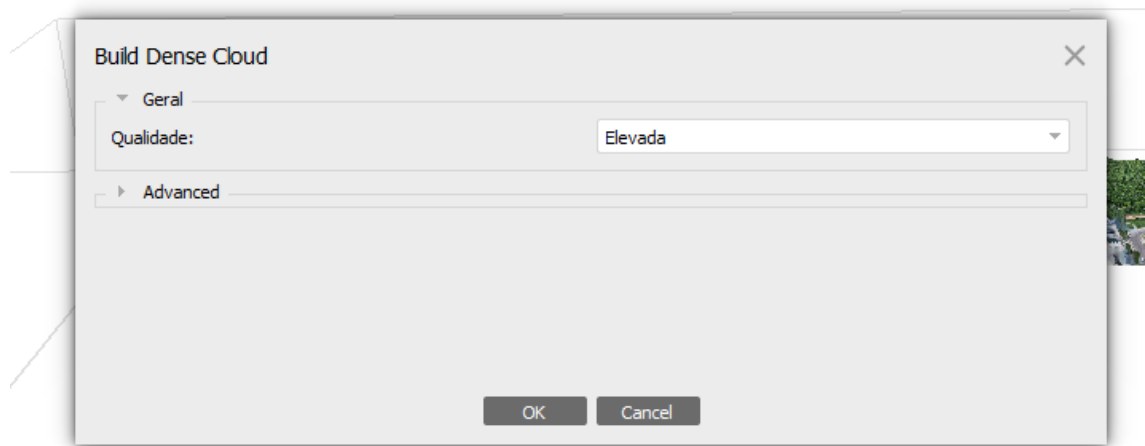
Figura 28 – Alinhamento em qualidade elevada.



Fonte: Autoria própria.

Com o novo alinhamento finalizado, seguiu-se para a construção da nuvem densa de pontos, clicando na guia “Fluxo de trabalho”, e em seguida na opção “Build dense cloud”, e ao abrir uma caixa de diálogo, nela selecionou-se a opção de qualidade elevada. dando-se início ao processamento. (Figura 29).

Figura 29 – Construção da nuvem densa.



Fonte: Autoria própria.

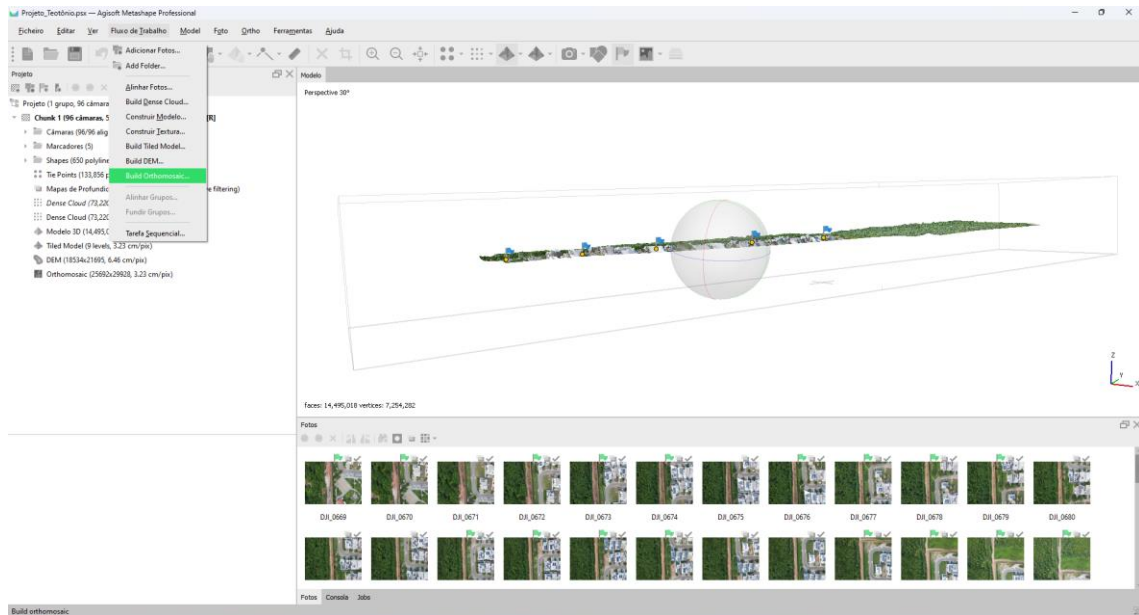
Após a criação da nuvem densa, foram gerados o modelo e textura, sendo esse processo útil para garantir maior qualidade na imagem gerada.

Para executar esse processo foi preciso clicar na guia “Construir Modelo”, depois em “OK”, em seguida repetir o processo, dessa vez na opção “Construir Textura”, e por fim “Construir Tiled Model”.

Ao concluir o processo citado, seguiu-se na mesma aba e criou-se o Modelo Digital de Elevação (DEM), em que para isso bastou-se selecionar a opção “Build DEM”, que também se encontra na guia “Fluxo de trabalho”.

Após esse processo, criou-se a ortofoto, onde, na mesma guia “Fluxo de trabalho”, clicou-se em “Build Orthomosaic”. Ao final do processo, obteve-se a conclusão do processamento das imagens. (Figura 30).

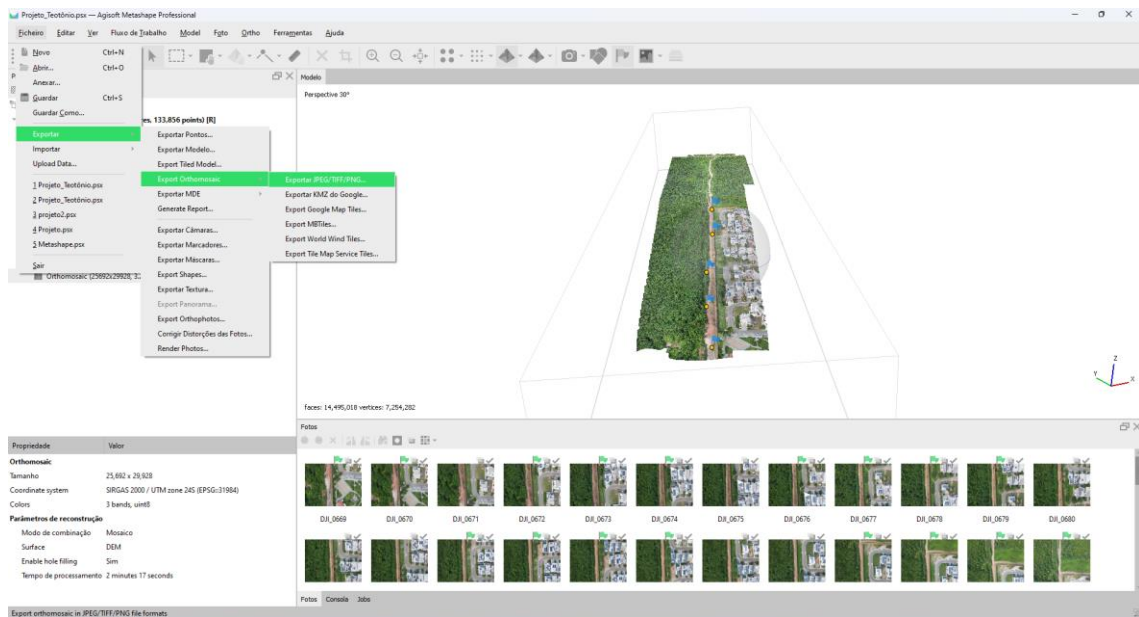
Figura 30 – Construção da ortofoto.



Fonte: Autoria própria.

Concluído todo o processo acima, a ortofoto já se encontrava alinhada, georreferenciada e pronta para ser usada, onde para isso bastava exportá-la clicando na guia “ficheiro”, e em seguida em “Exportar”, “Export Orthomosaic”, “Exportar JPEG/TIFF/PNG”. Optou-se por exportar em formato *TIFF*. (Figura 31).

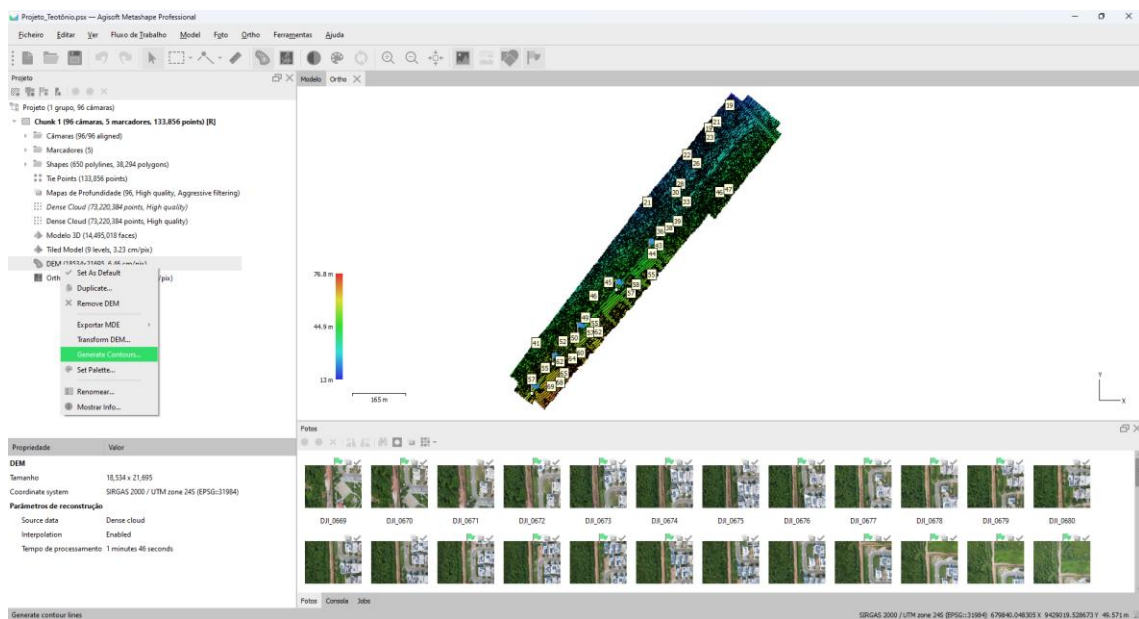
Figura 31 – Exportação da ortofoto.



Fonte: Autoria própria.

Para finalizar a etapa de processamento, gerou-se as curvas de nível a partir do DEM. Esse processo foi possível clicando-se com o botão direito do mouse no DEM criado anteriormente, em seguida, selecionando a opção “Generate Contours”. (Figura 32).

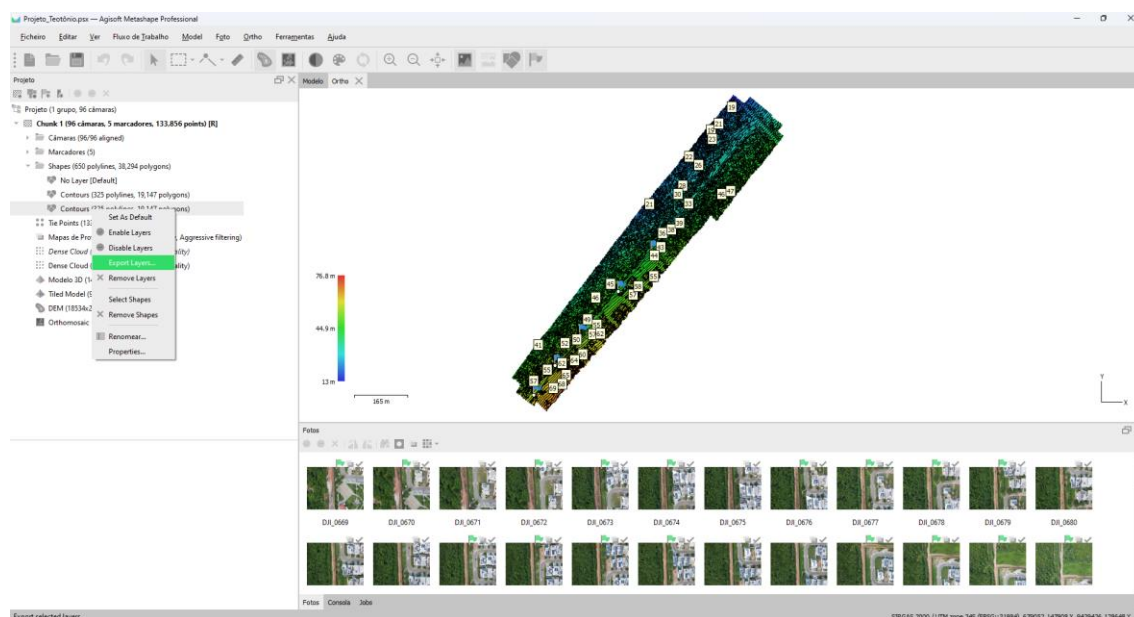
Figura 32 – Criação das curvas de nível.



Fonte: Autoria própria.

Finalizado o processo de processamento e criação dos dados, seguiu-se para a exportação das curvas de nível, clicando na aba “Shape”, em seguida clicando com o botão direito do mouse em “Contours” e “Export Layers”, em que, ao se abrir uma caixa de diálogo selecionou-se a extensão desejada, que nesse caso foi a extensão “.DXF”. (Figura 33).

Figura 33 – Exportação das curvas de nível.



Fonte: Autoria própria.

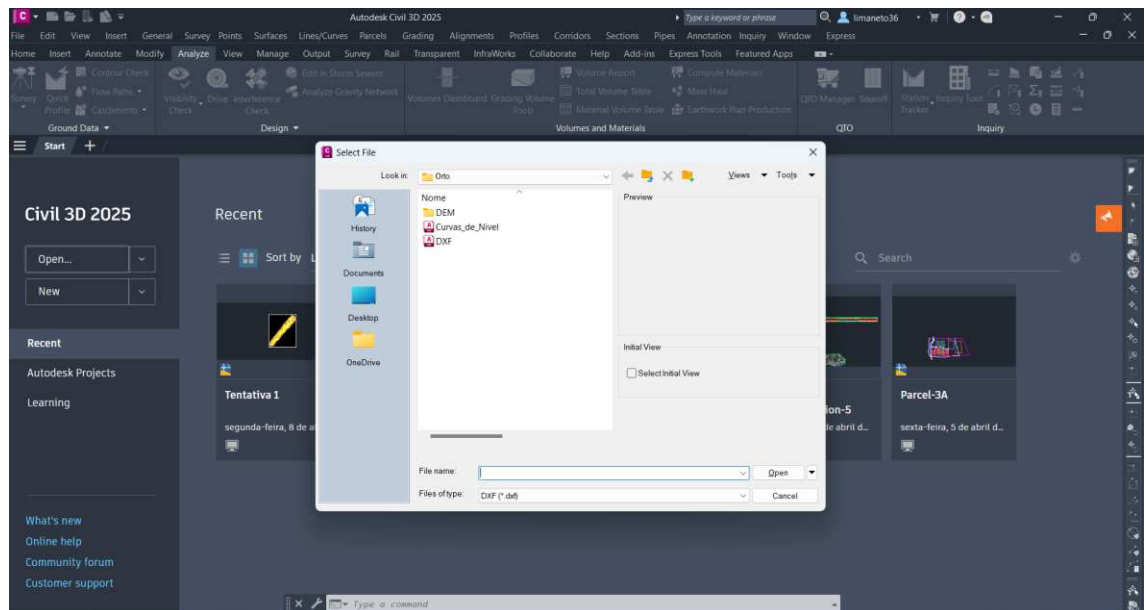
4.5. Estimativas das movimentações de terra

Para a realização da estimativa das movimentações de terra, foi utilizado o software na versão estudantil Autocad Civil 3D, ano 2025 versão *metric* pois os dados de saída são apresentados no sistema métrico de medidas, onde iniciou-se com a entrada dos dados refinados anteriormente e através de comandos no software foi descrita a superfície onde uma possível obra será realizada e calculado suas devidas movimentações de terra.

A fim de exemplo, foi criado um platô genérico no terreno, o qual é simulado uma grade onde suas alturas e inclinações são arbitradas por um projetista, o que torna imprescindível em obras de infraestrutura, como estradas, taludes e drenagem.

Para iniciar o processo, com o software citado, na tela inicial selecionou-se a opção “Open” e foi realizado o upload do arquivo do tipo “.DXF” que contém as curvas de nível. (Figura 34).

Figura 34 – Upload das curvas de nível no Autocad Civil 3D,

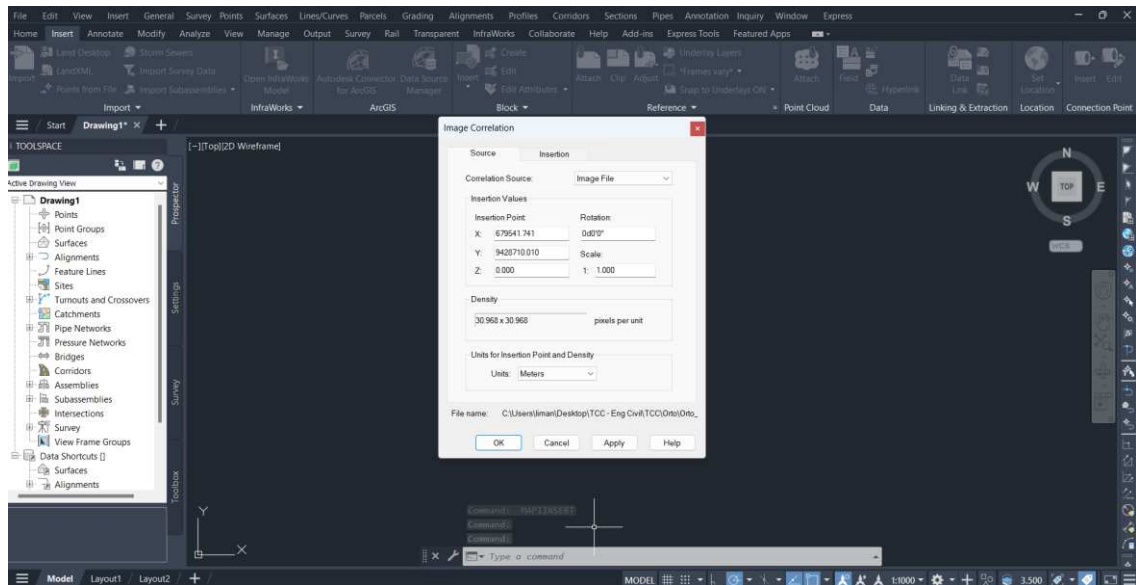


Fonte: Autoria própria.

Em seguida foi criado um novo arquivo, onde na barra de comando foram inseridos o comando “MAPIINSERT”. Feito isso, adicionou-se a ortofoto criada anteriormente. Logo após isso, abri-se uma caixa de diálogo “Image Correlation” com as informações da imagem, em que se recomenda realizar uma conferência e ao final deve-se clicar em “OK”.

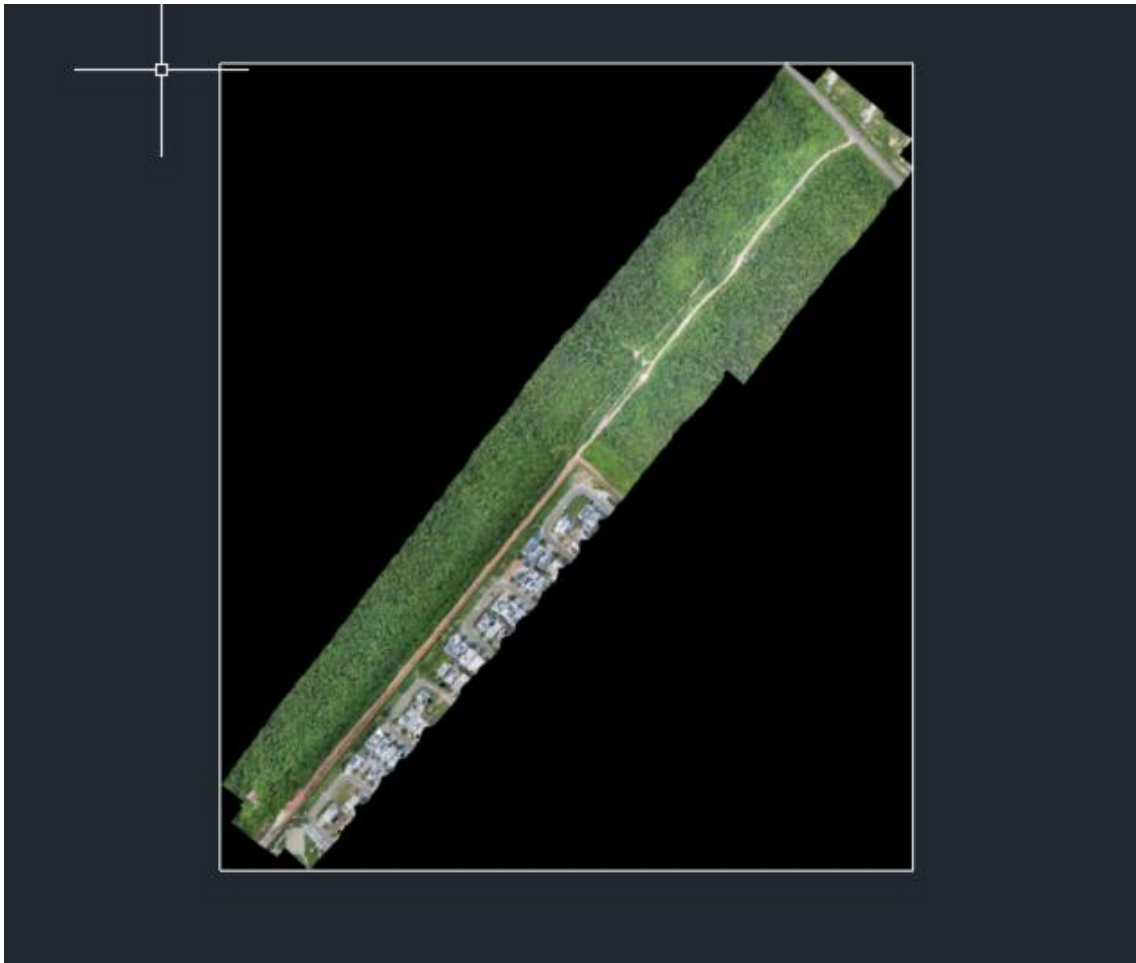
A ortofoto servirá como base para facilitar na visualização dos elementos, de forma à facilitar na locação dos elementos a serem estudados. Segue abaixo a Figuras 35 e 36 com os resultados expostos.

Figura 35 – Importação da ortofoto.



Fonte: Autoria própria.

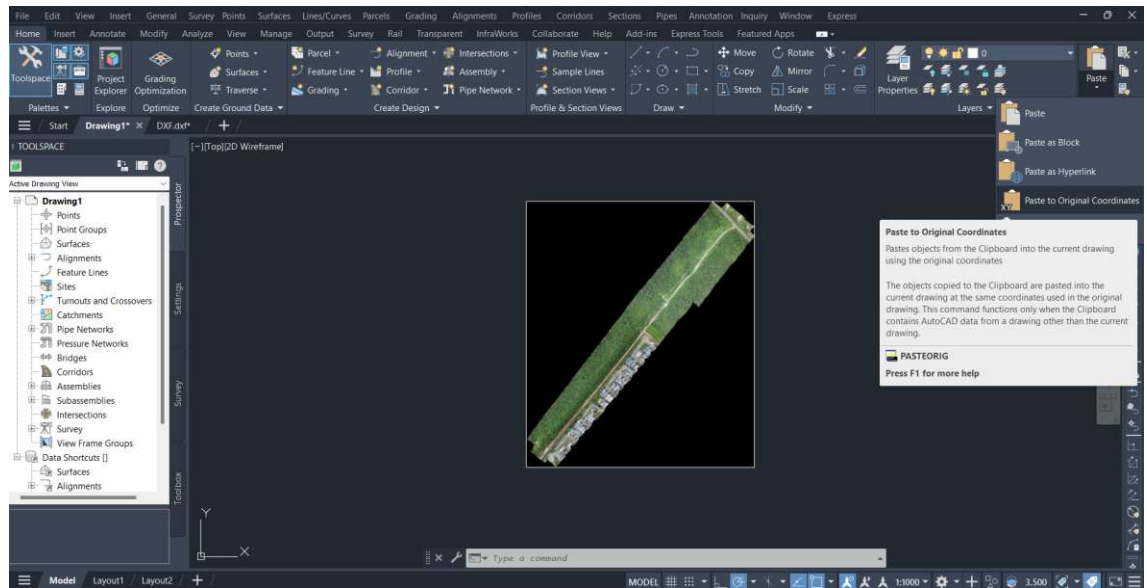
Figura 36 – Resultado da importação da ortofoto.



Fonte: Autoria própria.

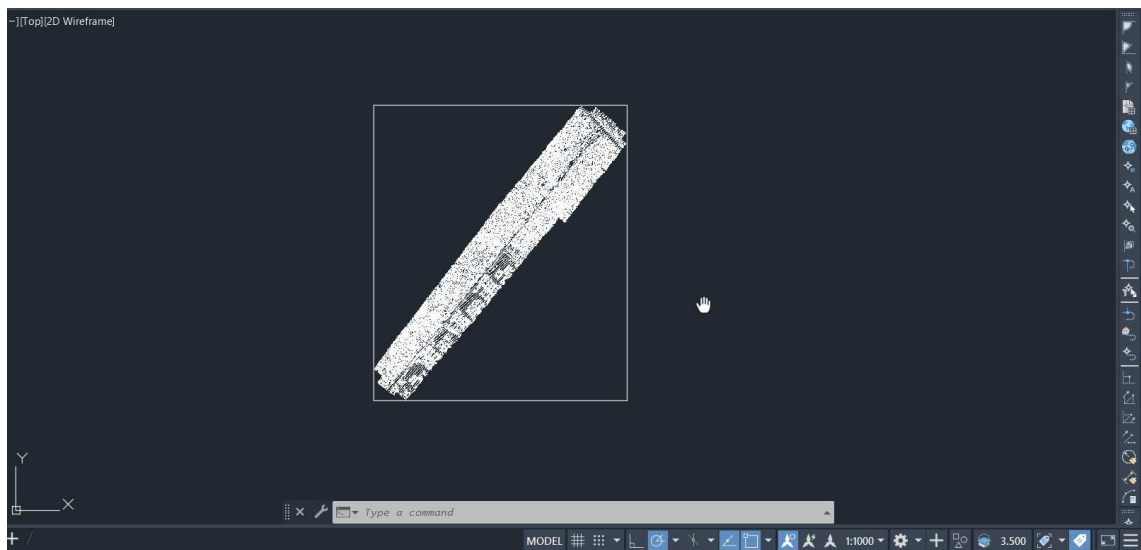
Voltando para o arquivo das curvas de nível, foram selecionadas todas as curvas, e, utilizando o comando de copiar e colar com as coordenadas originais, voltando ao arquivo onde estava localizada a ortofoto, no menu “home”, as curvas foram coladas nas coordenadas corretas, junto a ortofoto. Adiante as Figuras 37 e 38 com o demonstrativo e resultado.

Figura 37 – Acionando as curvas de nível.



Fonte: Autoria própria.

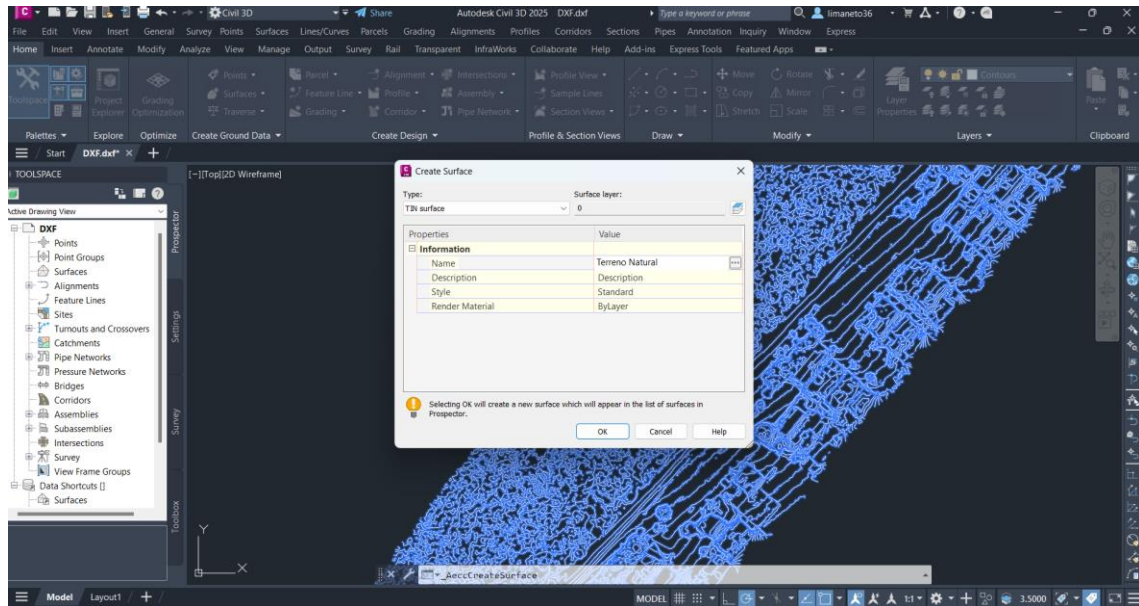
Figura 38 – Resultado da sobreposição das curvas com a ortofoto.



Fonte: Autoria própria.

Dando continuidade, seguiu-se para o menu “TOOLSPACE”, clicando com o botão direito do mouse na opção “Surface”, e em seguida “Create Surface”, em que foi aberta uma aba e na opção “Name”, informou-se o nome da superfície, nesse caso, adotando-se o nome de “Terreno Natural”. (Figura 39).

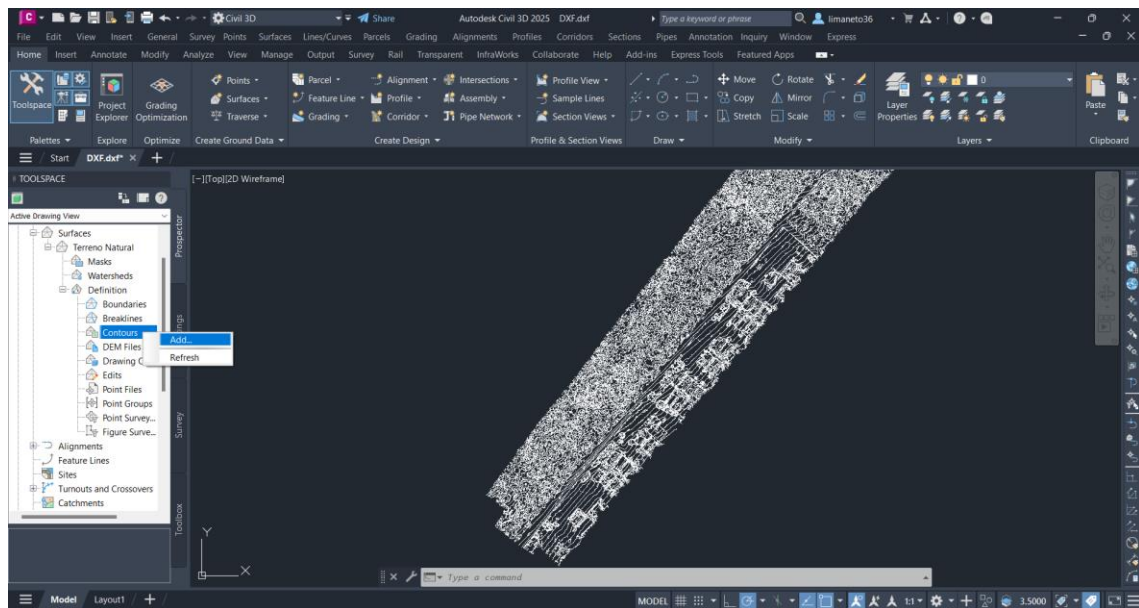
Figura 39 – Criação da Superfície.



Fonte: Autoria própria.

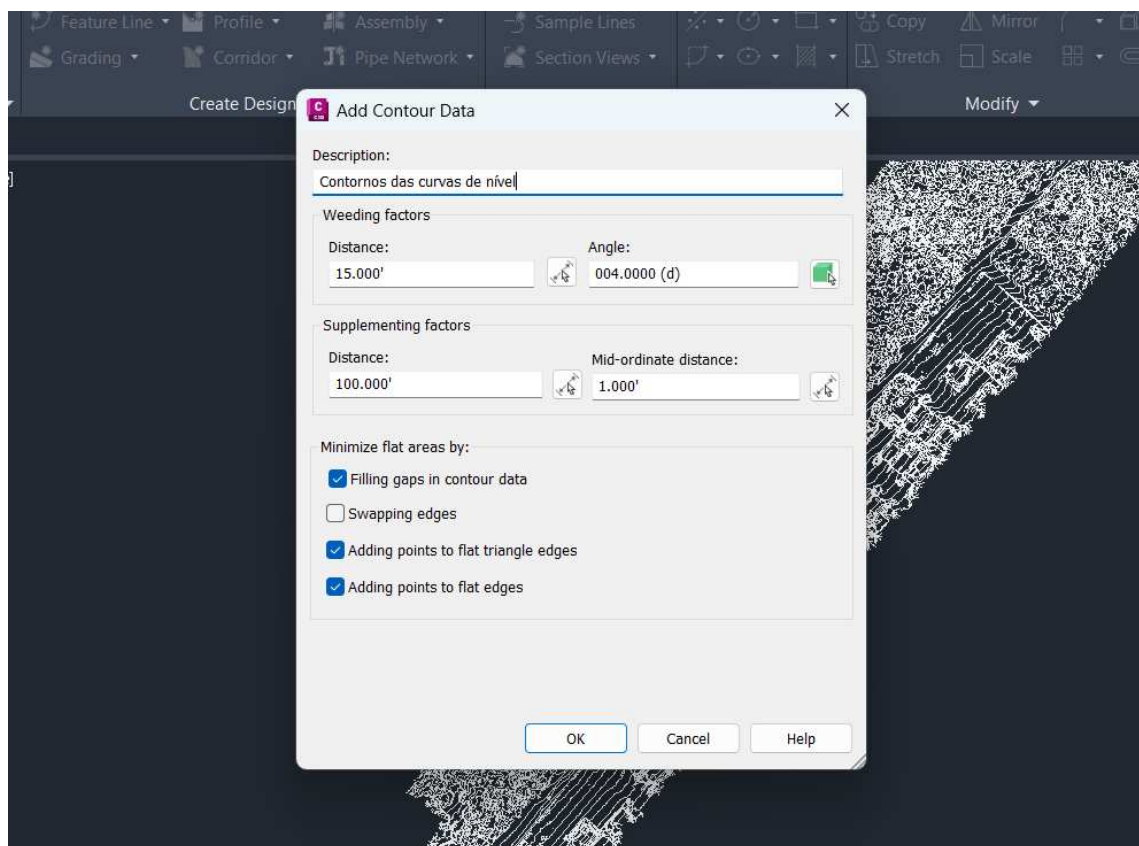
Ainda no menu “TOOLSPACE”, ao gerar a superfície “Terreno Natural”, tem-se também mais opções no ícone de “+”, dentre essas opções selecionou-se a opção “Contours”, e em seguida “Add”; todas as curvas de nível foram selecionadas e dado “Enter” para confirmar. Ao fazer isso, abriu-se uma caixa de diálogo “Add Contour Data”, em que nela definiu-se um nome, para fim de exemplo foi adotado o nome “Contornos das curvas de nível”. Com isso foi criado um MDE da área estudada. A seguir as Figuras 40 e 41 com as ilustrações.

Figura 40 – Adicionado os contornos.



Fonte: Autoria própria.

Figura 41 – Nomeando os contornos.

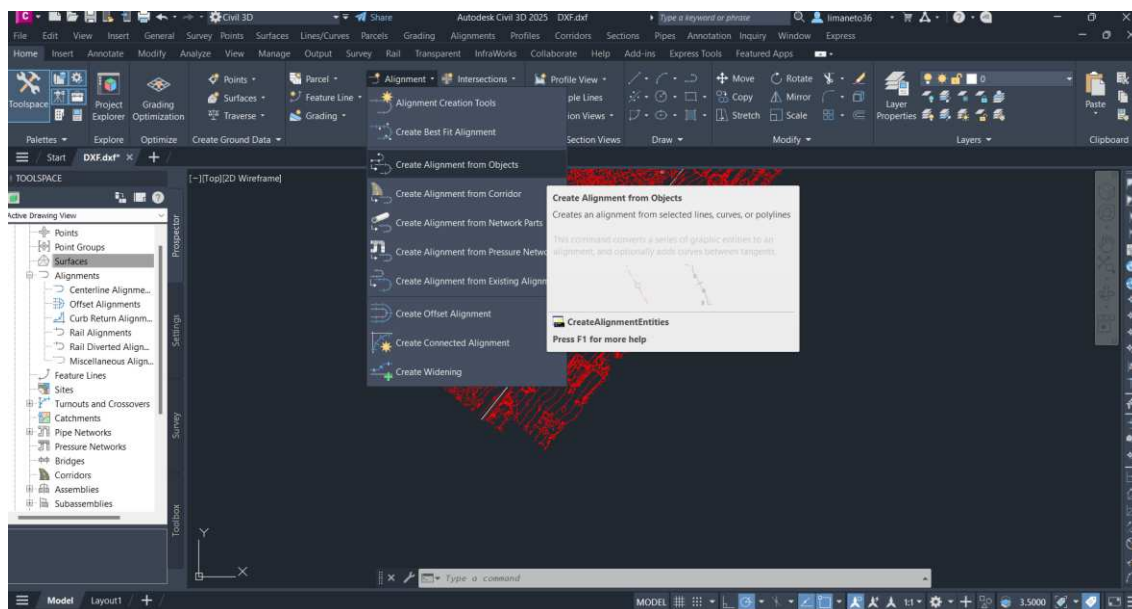


Fonte: Autoria própria.

Para fins de demonstração, foi traçado uma linha ao qual serviu como base para a criação do perfil de elevação do solo, onde nele obteve-se informações como a elevação do terreno ao longo do perfil e suas diferenças de níveis; tais informações são de grande valia para o estudo inicial das movimentações de terra.

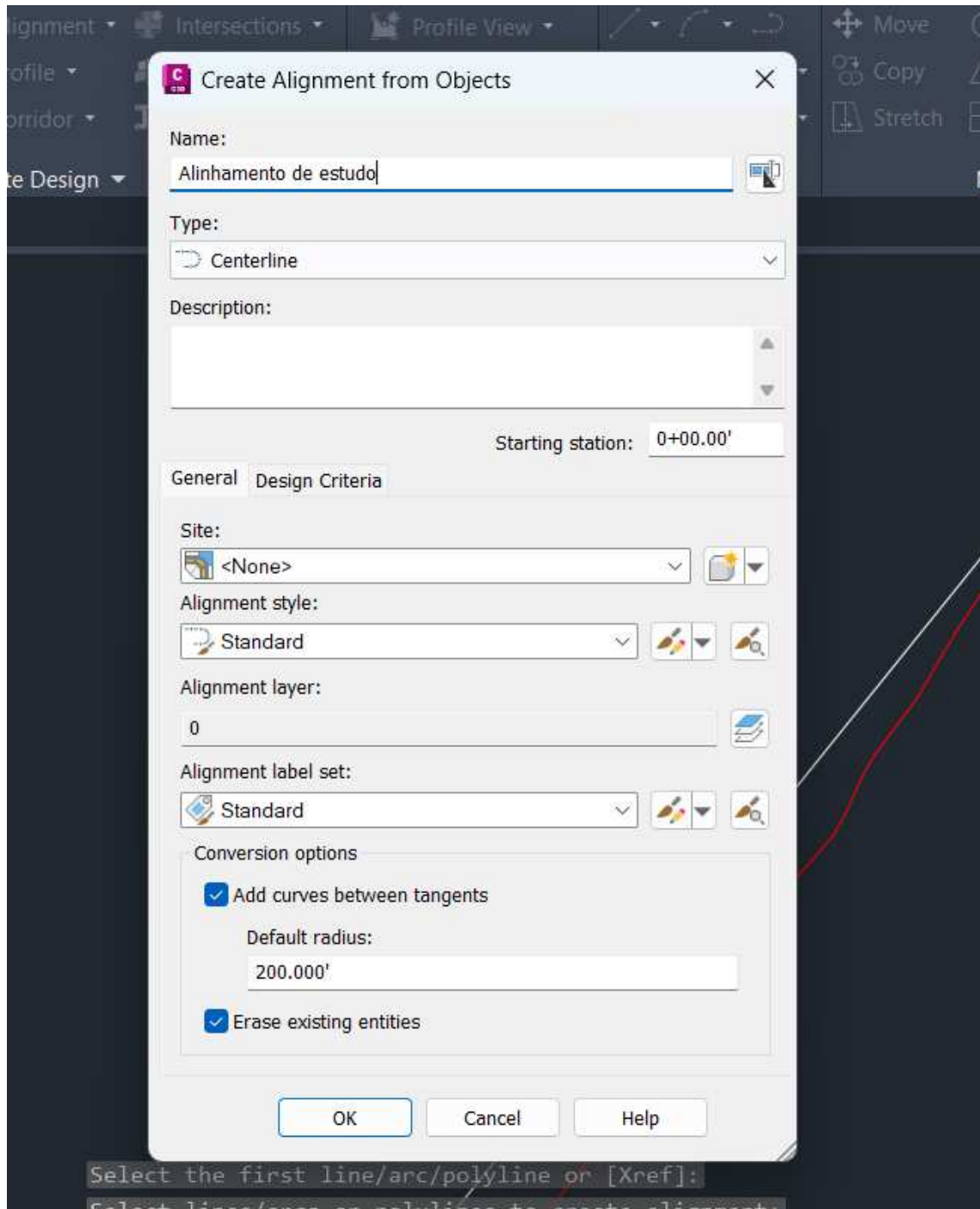
Iniciou-se digitando o comando “LINE”, para logo em seguida selecionou-se na superfície um ponto inicial e final, a reta criada definiu onde começou e terminou o perfil de elevação, e, após criada, seguiu-se no menu “Home”, “Alignment”, “Create Alignment From Objects”, onde em seguida clicou-se na linha criada e, ao pressionar a tecla “Enter”, uma caixa de diálogo foi aberta, sendo nela definido um nome para o alinhamento, em que nesse caso optou-se por “Alinhamento de estudo”. Em seguida as Figuras 42 e 43 com os demonstrativos.

Figura 42 – Criação do Alinhamento.



Fonte: Autoria própria.

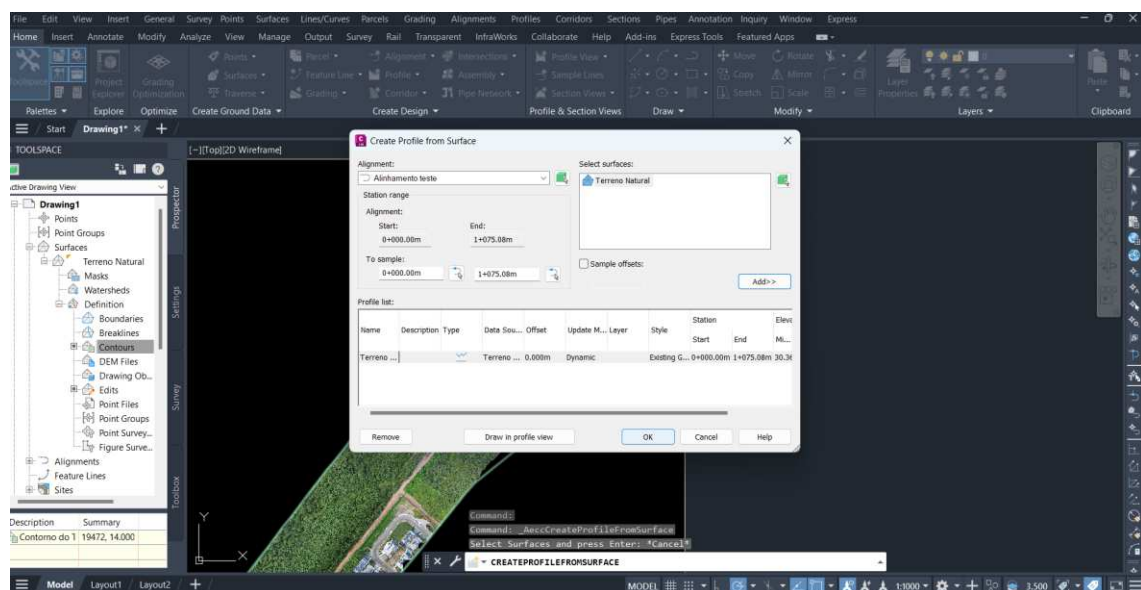
Figura 43 – Definindo o nome do alinhamento.



Fonte: Autoria própria.

Na guia “Home”, selecionou-se a opção “Profile”, “Creat Profile From Surface”, em que nessa opção criou-se um perfil baseado na superfície de estudo a qual foi definida e criada anteriormente. Feito isso, uma caixa de diálogo foi aberta, em que foi escolhido o alinhamento e selecionada a superfície de base, selecionando posteriormente em “Add”. (Figura 44).

Figura 44 – Seleção da superfície do perfil de elevação.

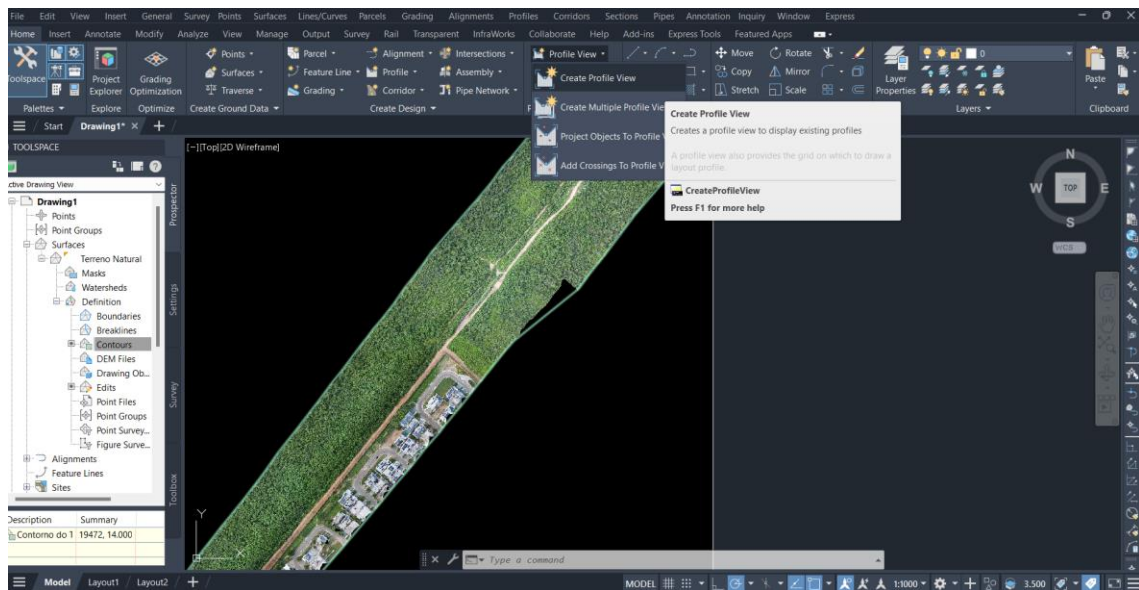


Fonte: Autoria própria.

Para visualizar o perfil criado, selecionou-se a opção “Profile View”, em seguida “Create Profile View”. Feito isso, uma nova caixa de diálogo foi aberta onde foram apresentadas algumas informações, como o alinhamento a ser estudado e sua diferença de cota.

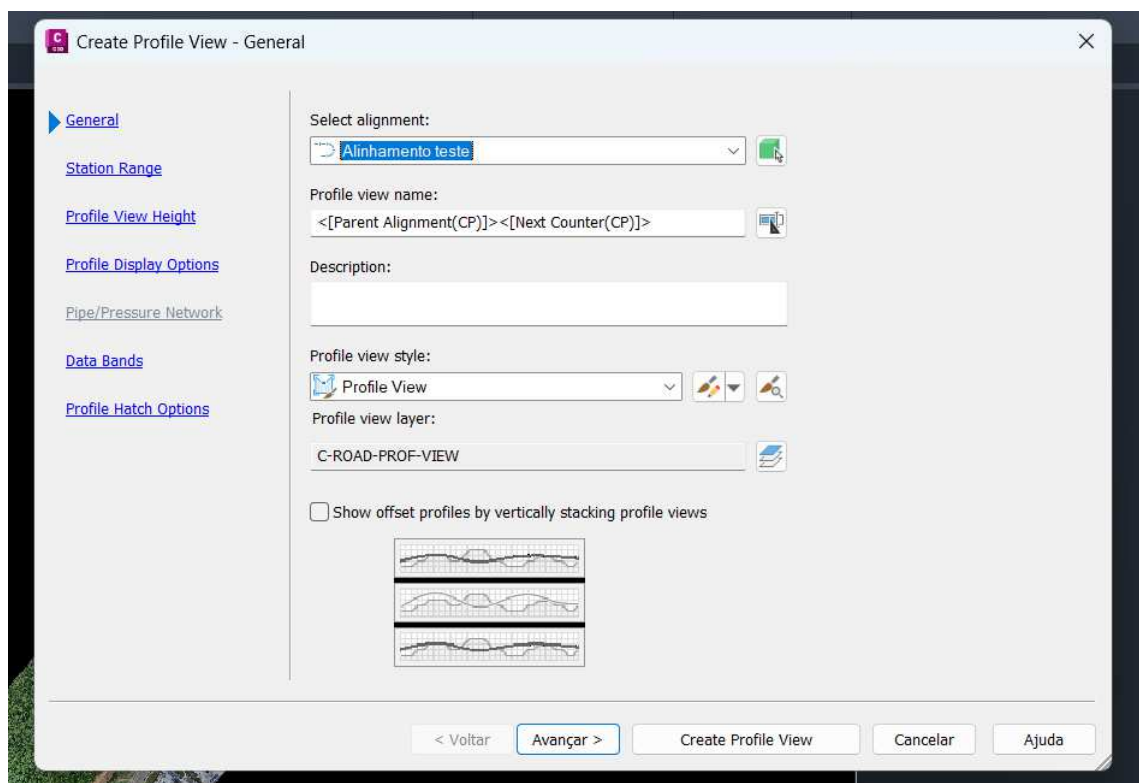
Escolheu-se o alinhamento clicando-se na opção “Create Profile View” e em seguida definiu-se um local para posicionar o perfil e clicar com o botão esquerdo do mouse. Por padrão, o perfil vem com o espaçamento entre pontos de 20 m, porém é possível alterar esse espaçamento. Figuras 45, 46 e 47 expõem o processo.

Figura 45 – Criação do perfil de elevação.



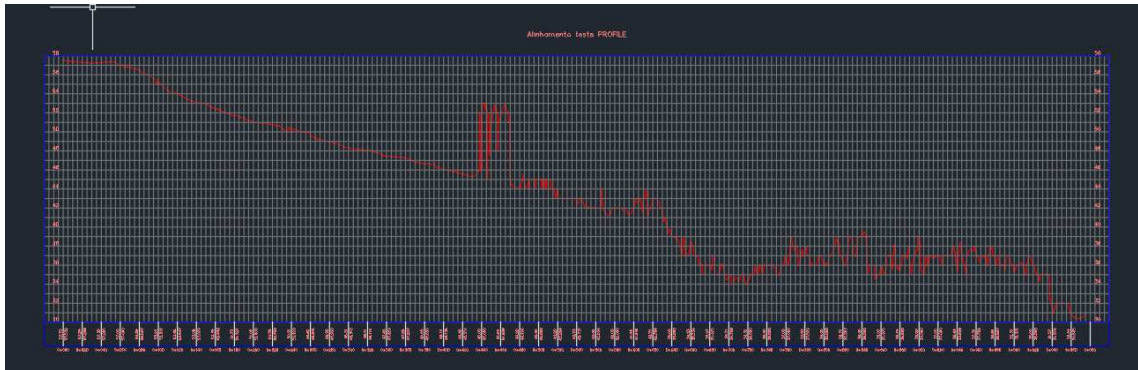
Fonte: Autoria própria.

Figura 46 – Configuração do perfil de elevação.



Fonte: Autoria própria.

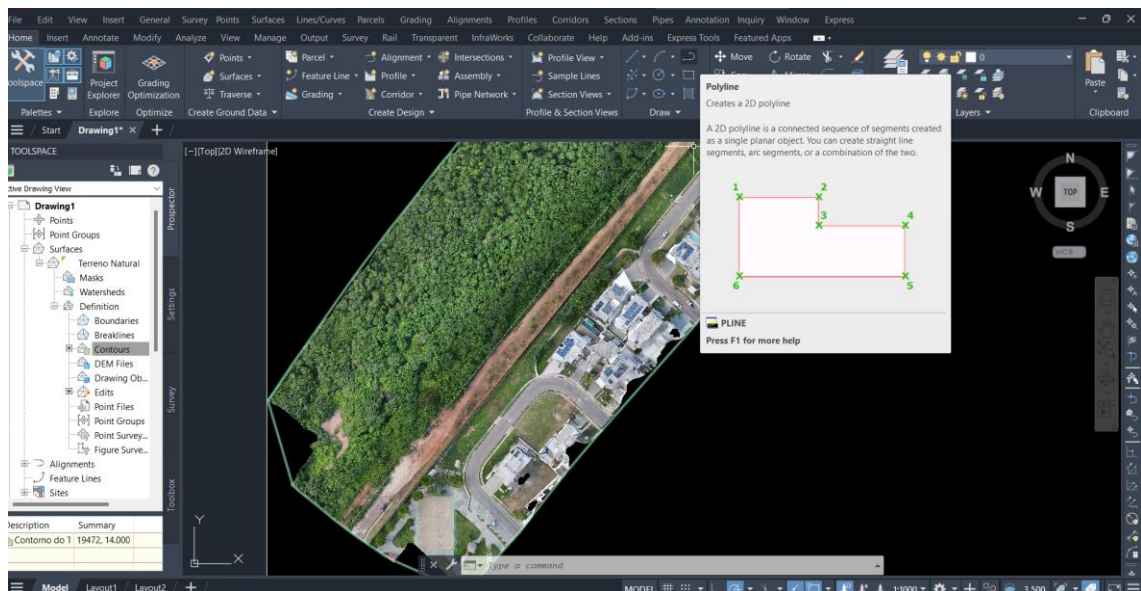
Figura 47 – Resultado do perfil de elevação.



Fonte: Autoria própria.

Criado o perfil de elevação e feitas as análises desejadas, deu-se continuidade à criação do platô, para tal feito, usou-se o comando “POLYLINE”, para criar um polígono recobrindo a área que se desejava estudar, depois de executar o comando supracitado, clicando com o botão direito do mouse na superfície foram definidos os vértices do polígono. Para fim de exemplo, adotou-se um segmento da estrada em questão. (Figura 48).

Figura 48 – Delimitação da área de estudo.



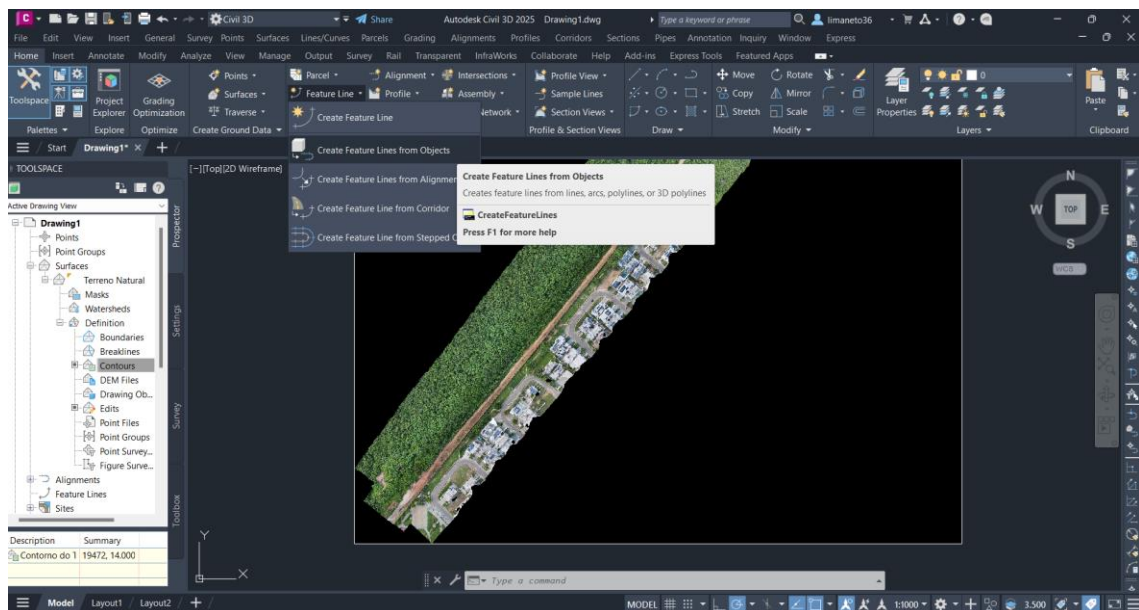
Fonte: Autoria própria.

Feita a delimitação, ainda no menu “Home”, seguiu-se o processo indo em “Feature Line”, e por fim em “Create a Feature Line From Objects”, depois selecionou-se o polígono criado anteriormente e confirmado na tecla “Enter”. Após isso, foi aberta uma caixa de diálogo

onde foi definida a altura do platô, para isso, selecionou-se a opção “Elevation” e foi informada a elevação escolhida.

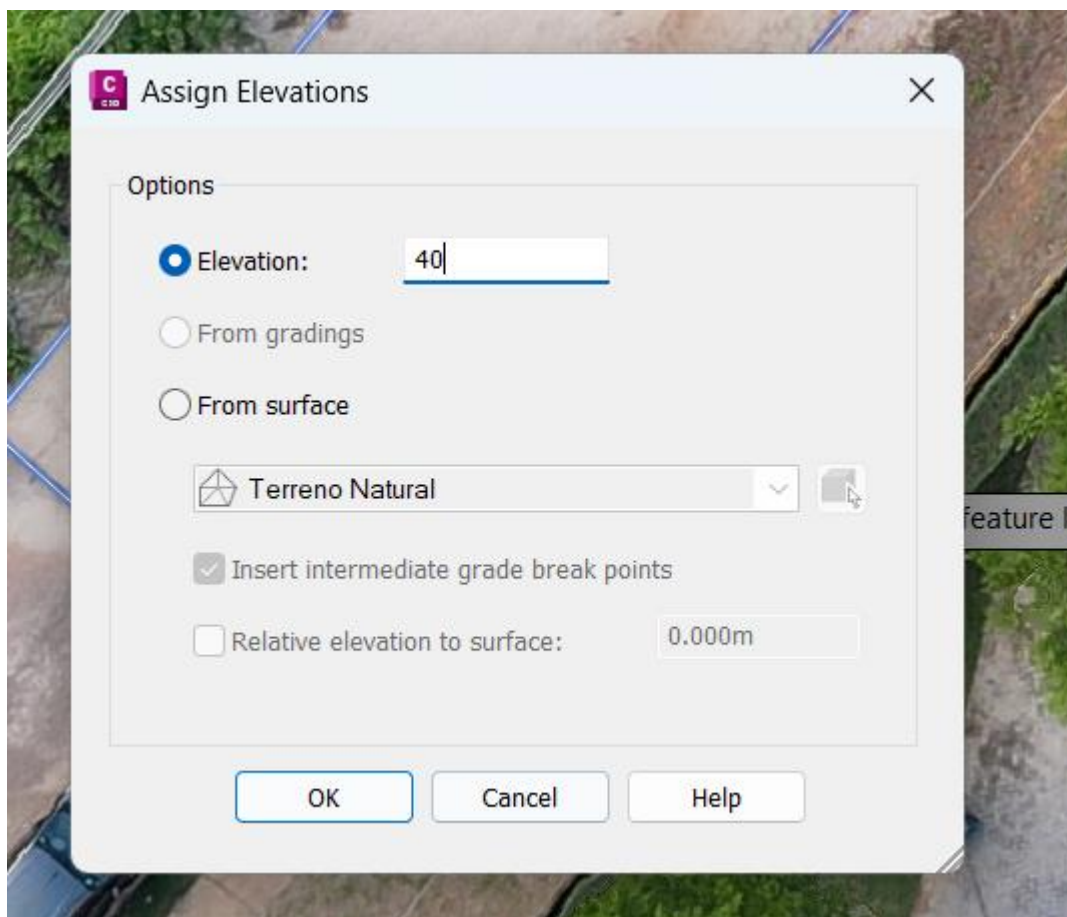
A fim de melhor ilustrar o funcionamento do software, foi escolhido 40 m, pois estava localizado entre o ponto mais alto e o mais baixo do terreno, e por consequência resultaria em volumes de corte e de aterro. Em sequência as Figuras 49 e 50 ilustram que foi supracitado.

Figura 49 – Criação da linha de recursos.



Fonte: Autoria própria.

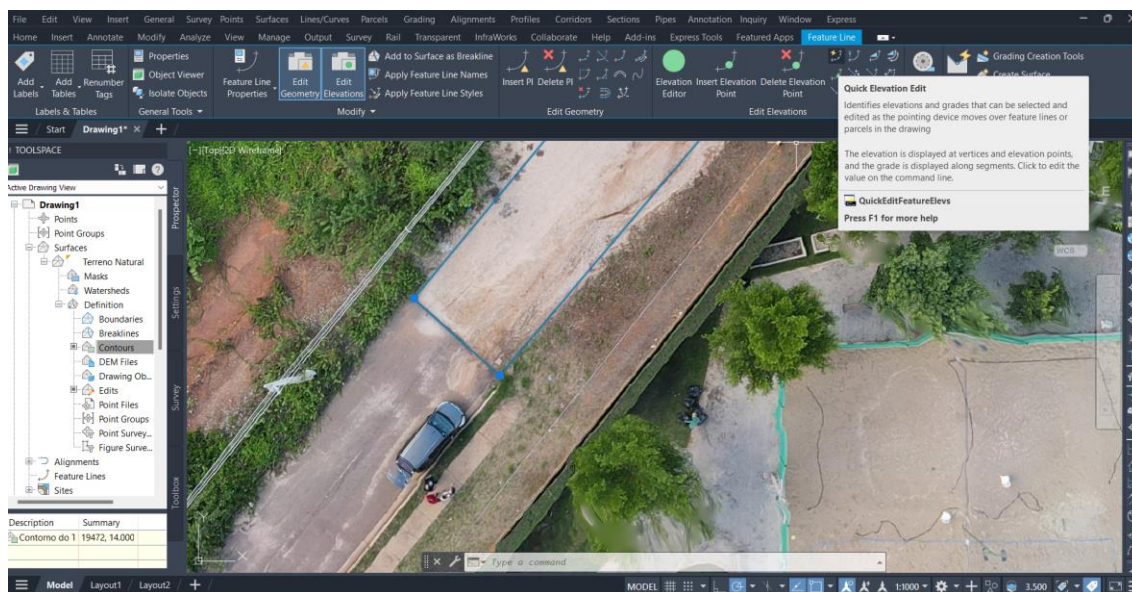
Figura 50 – Seleção da elevação do platô.



Fonte: Autoria própria.

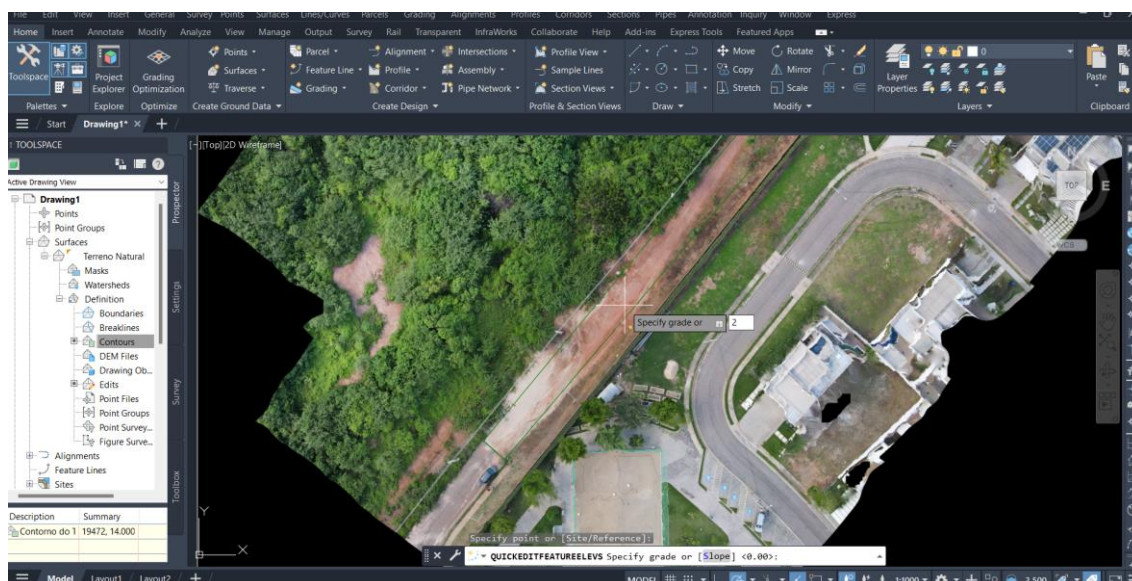
Finalizada a configuração da linha de recurso, ao clicar na borda do polígono criado, e em seguida utilizando-se da função “Quick Elevation Edit”, foi possível definir alturas em diversos pontos do platô, bem como definir inclinações, tornando mais próximo ao esperado. Segue abaixo as Figuras 51 e 52 com as devidas demonstrações.

Figura 51 – Edição rápida de elevações.



Fonte: Autoria própria.

Figura 52 – Especificações das inclinações.

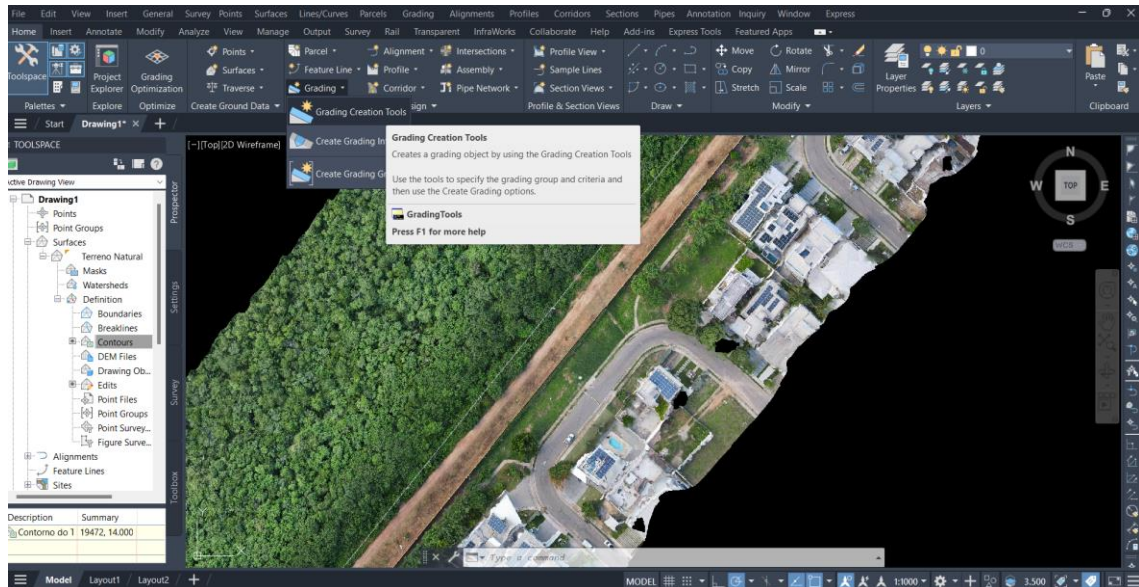


Fonte: Autoria própria.

Concluída a edição do platô, seguiu-se para a função “Grading”, e em seguida “Grading Creator Tools”, onde ao se abrir uma aba de mesmo nome e nela primeiramente clicando-se em “Create Grading Group”, foi possível definir um nome para a grade, a nível de exemplo, adotou-se “GRADE”. Na mesma caixa de diálogo, selecionou-se também a opção “Volume base surface”, selecionando a superfície criada anteriormente, nesse caso a superfície “Terreno

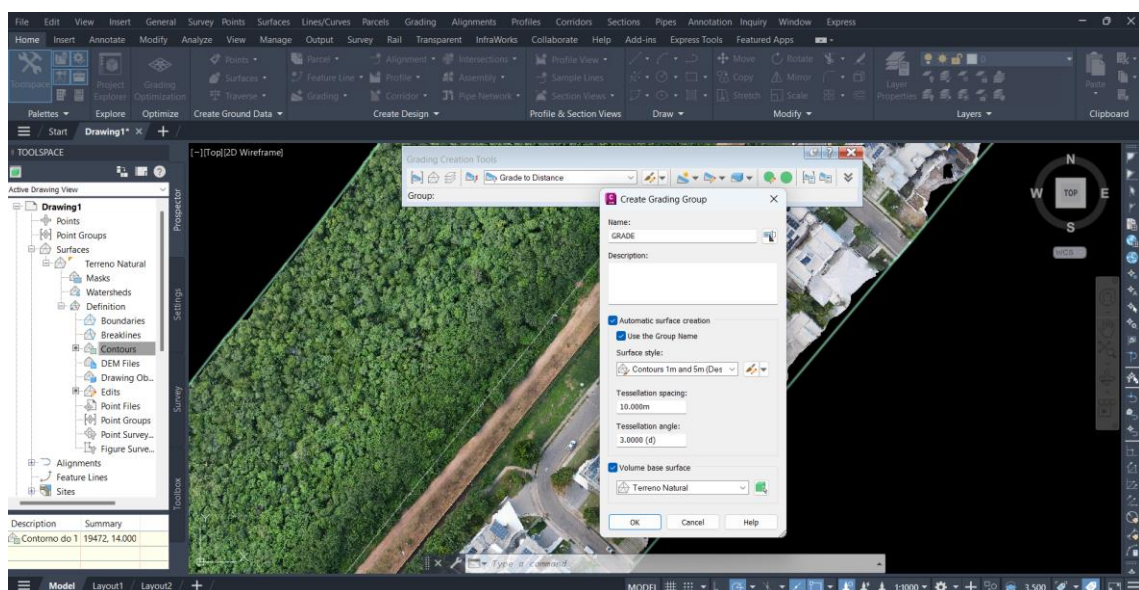
Natural”. Assim, foram consideradas as três dimensões e o que possibilitou o cálculo dos volumes. Ao clicar em “OK”, se abriu outra caixa de diálogo contendo as informações já informadas, sendo realizada uma conferência e confirmada as informações. Em sequência as Figuras 53, 54 e 55 com os respectivos demonstrativos.

Figura 53 – Acesso as ferramentas do grade.



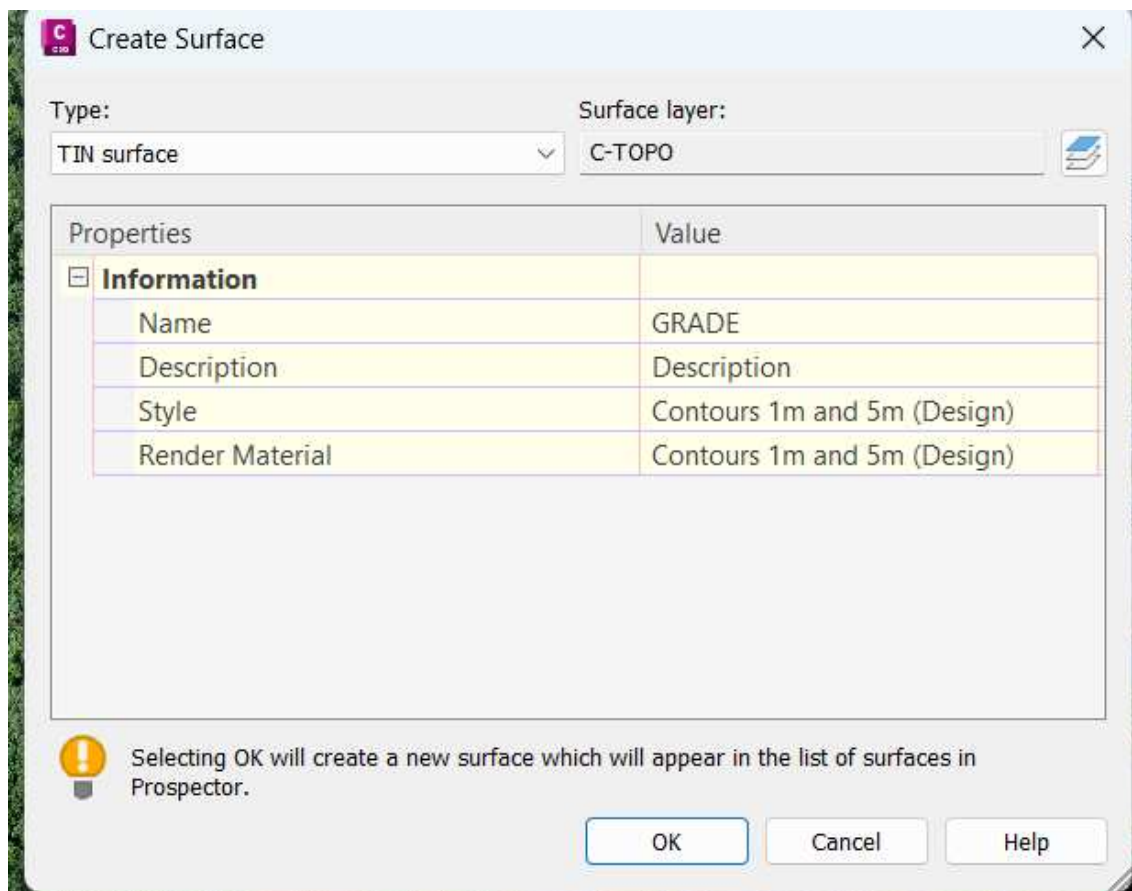
Fonte: Autoria própria.

Figura 54 – Criação do grupo de grades.



Fonte: Autoria própria.

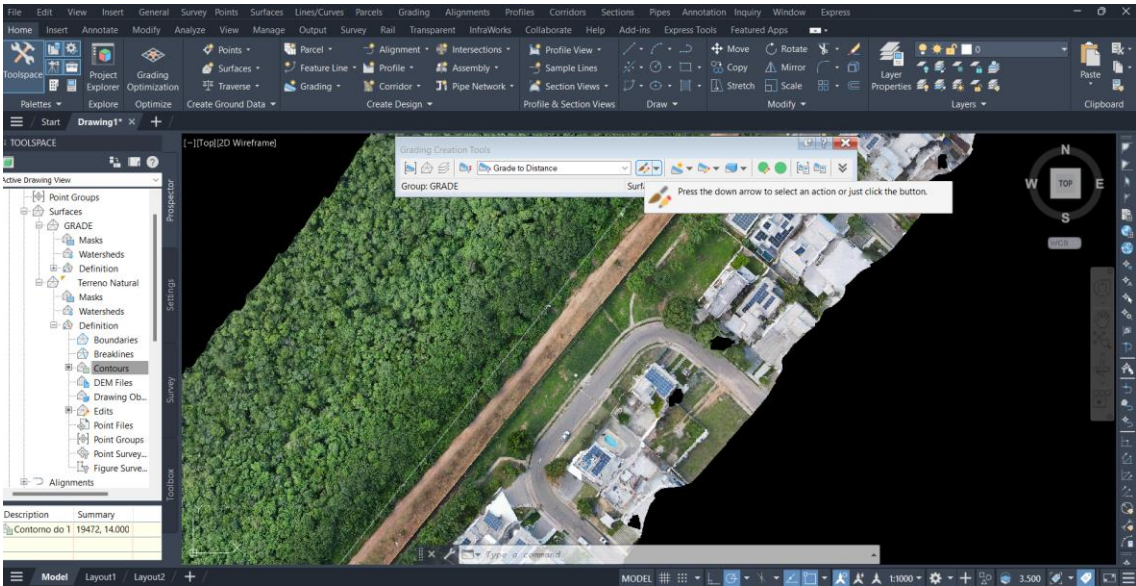
Figura 55 – Confirmação da criação da grade.



Fonte: Autoria própria.

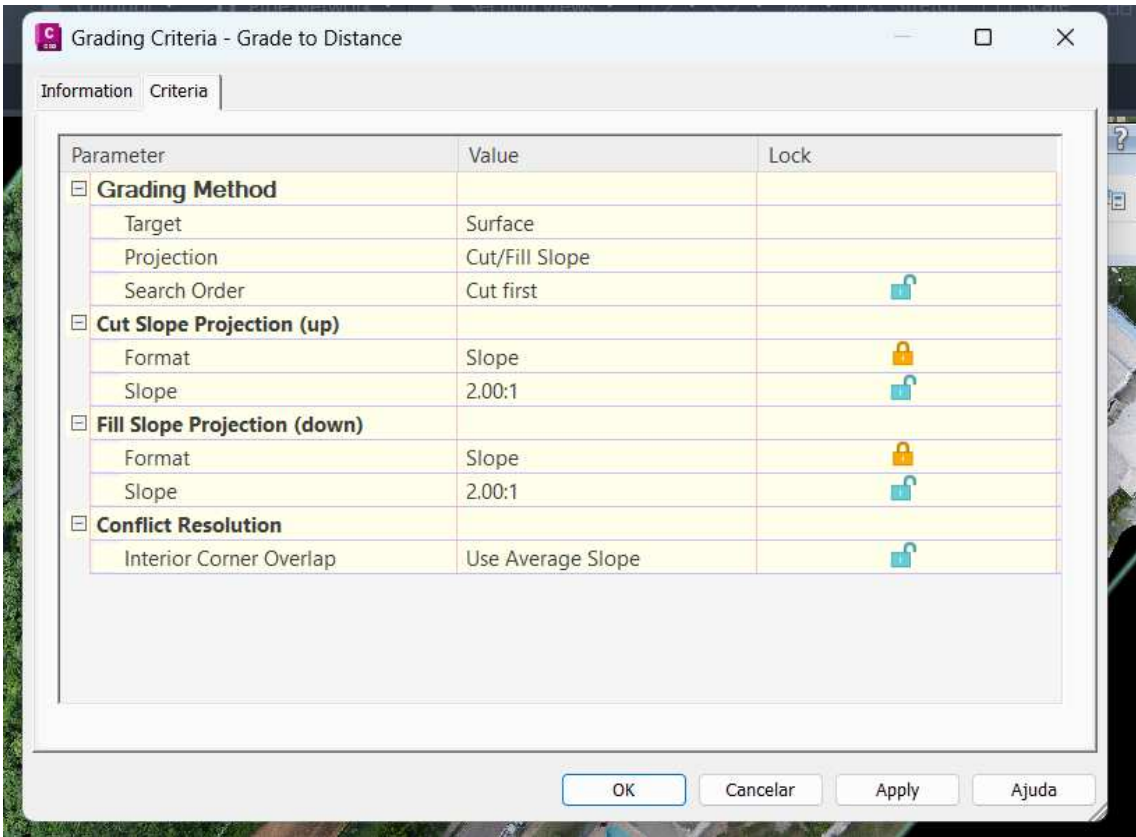
Ainda nas ferramentas de edição da grade, foram definidos critérios para o cálculo dos volumes da grade. Para tal, foi realizado o acesso o segundo ícone representado por um símbolo de um pincel, em que clicando-se nele com o botão esquerdo do mouse, surgiu uma caixa de diálogo, e nela clicou-se na guia “Criteria” e no parâmetro “Target”, selecionando-se a opção “Surface”, e em seguida definiu-se qual sequência seguir. Por padrão do software, primeiro foi realizado o cálculo do corte e em seguida do aterro, seu formato e proporção da inclinação, a nível de exemplo optou-se por preservar os valores definidos pelo software. Adiante as Figuras 56 e 57 com as demonstrações pertinentes.

Figura 56 – Acesso a edição dos critérios.



Fonte: Autoria própria.

Figura 57 – Configuração da edição dos critérios.



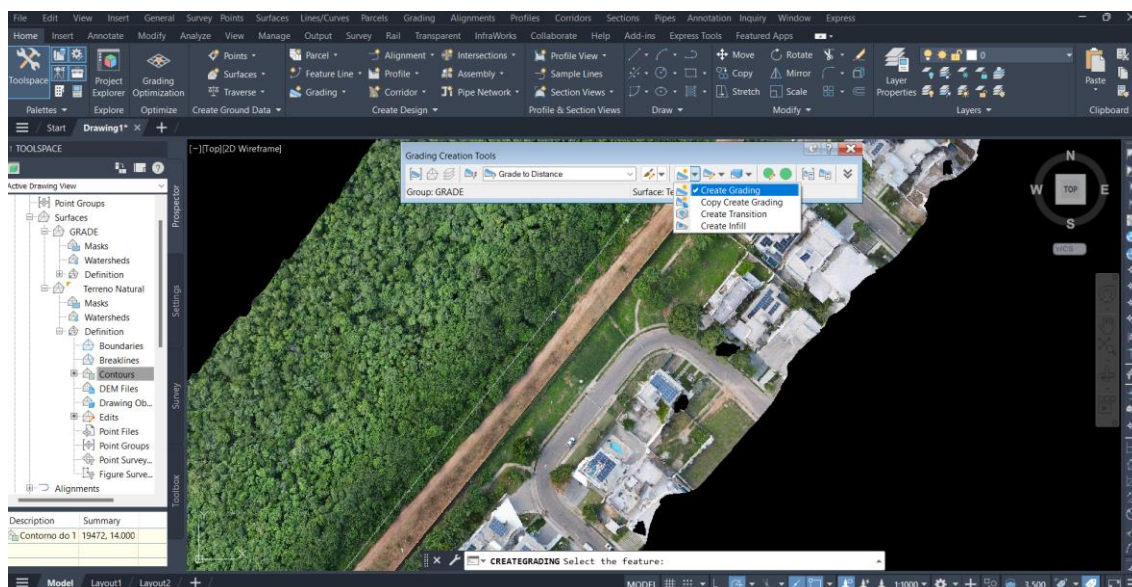
Fonte: Autoria própria.

Realizadas as edições desejadas, a etapa seguinte foi a de selecionar a grade. Para isso clicou-se na opção “Creating Grade” tem o mesmo símbolo da opção “Grading”. Com o auxílio do cursor, clicou-se com o botão esquerdo do mouse no polígono criado e pressionou-se a tecla “Enter”.

Finalizada a criação da grade do platô, foi possível definir o lado ao qual foram feitos os preenchimentos do platô e estes foram selecionadas, isso é, se iriam ser preenchidos para dentro ou para fora do polígono criado.

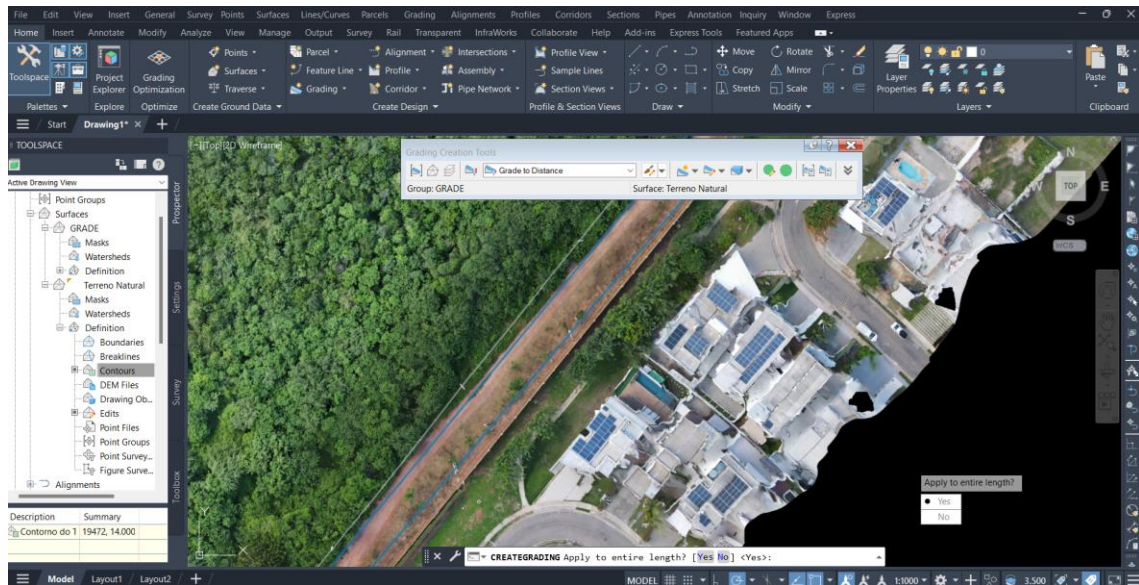
A nível de exemplo, adotou-se que o preenchimento seria feito para fora do platô, onde para isso usou-se a função “Create Infill” e com o cursor clicou-se na área fora do polígono. Adiante as Figuras 58, 59 e 60 ilustram o que foi supracitado.

Figura 58 – Criação do novo grade.



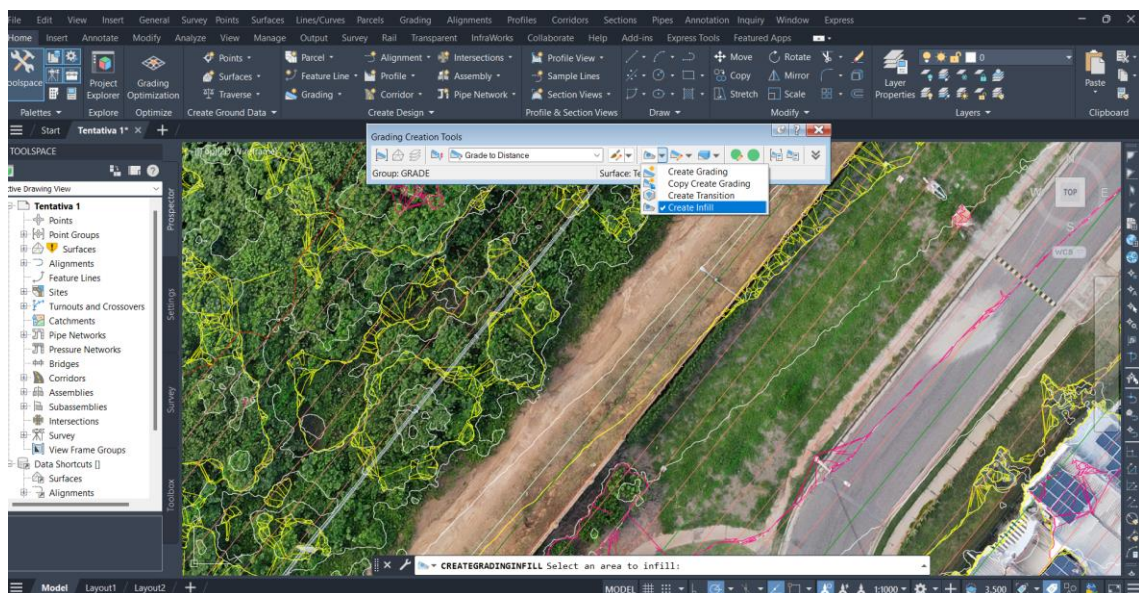
Fonte: Autoria própria.

Figura 59 – Seleção do novo grade.



Fonte: Autoria própria.

Figura 60 – Definição da direção do preenchimento.

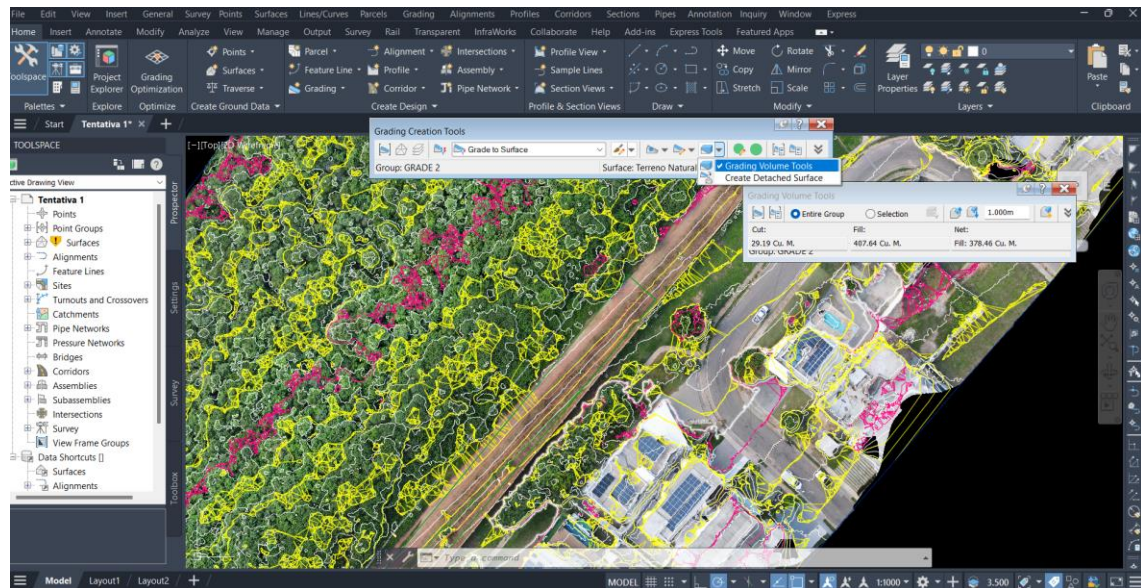


Fonte: Autoria própria.

Ao finalizar todo o processo supracitado, os volumes de cortes e aterros foram estimados, e para visualizar tais quantitativos, seguiu-se para a opção “Grading Volume Tools”, clicando com o botão direito do mouse, em que se abriu uma nova caixa de diálogo com as informações do quantitativo de corte e aterros para a execução da grade criada, onde a opção “Cut” representou o volume de solo a ser cortado; a opção “Fill” representou o volume a ser

aterrado; e a opção “Net” representou a diferença entre eles, ou seja considerou o reaproveitamento do corte e informou o quanto seria necessário cortar ou aterrar. (Figura 61).

Figura 61 – Resultado da estimativa das movimentações de terra.

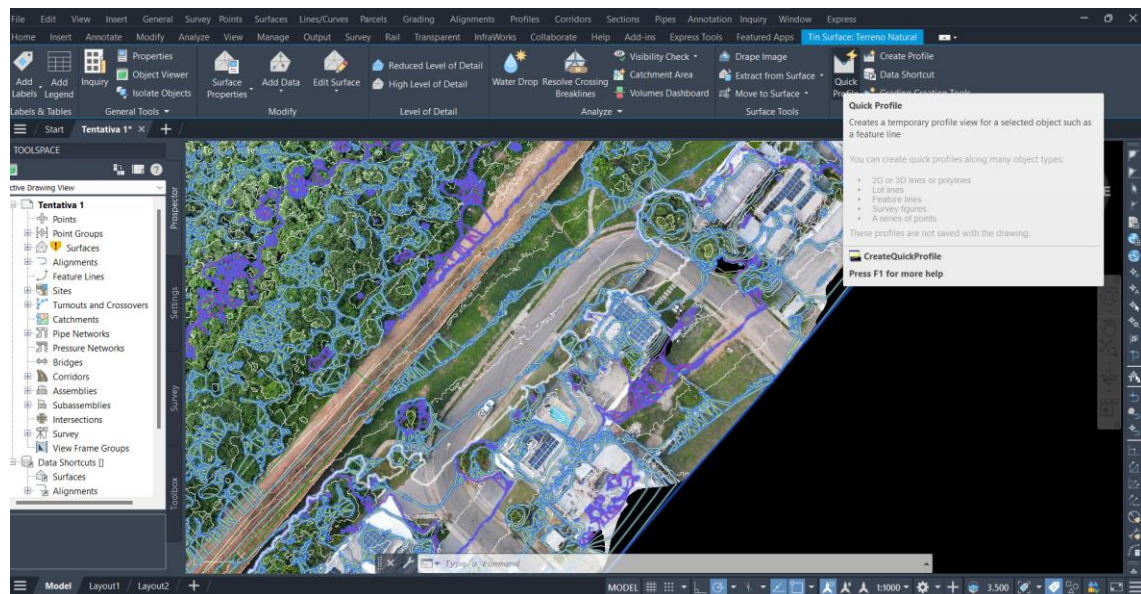


Fonte: Autoria própria.

Para concluir todo o processo, foi gerado um diagrama com o perfil de elevação do solo e com a representação do nível da grade. Através dele foi possível visualizar com maior facilidade onde estavam localizados os cortes e os aterros.

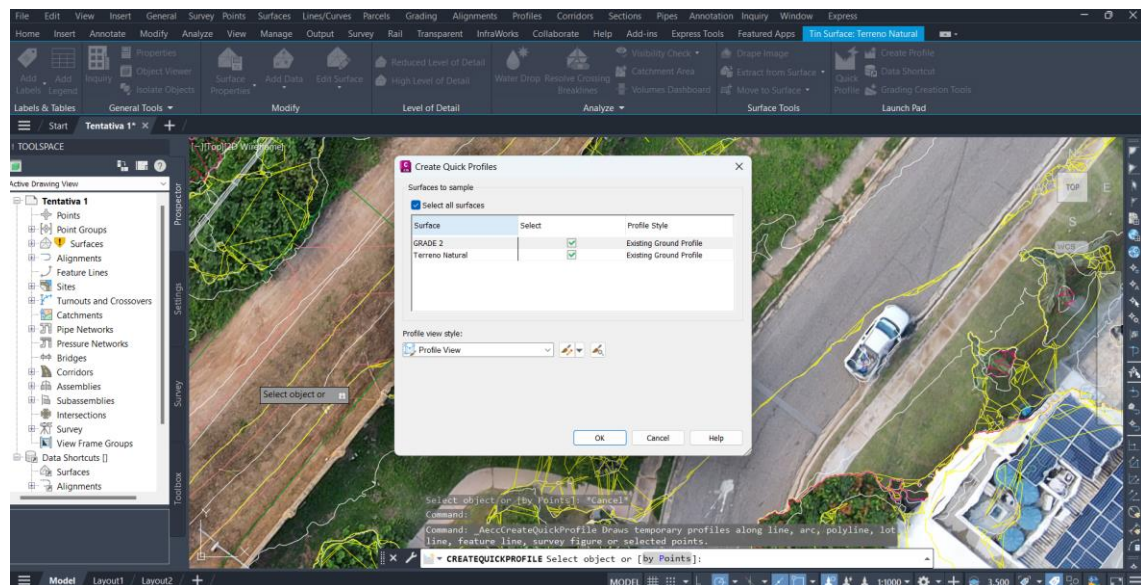
Para realizar tal ação, inicialmente clicou-se na superfície criada anteriormente, onde foi levado para a guia “Tin Surface” e nela selecionada a opção “Quick Profile”, onde surgiu uma caixa de diálogo, sendo selecionadas as duas superfícies criadas. Com o auxílio do cursor, posicionou-se o perfil com as informações desejadas. A seguir as Figuras 62, 63 e 64 ilustram as ações supracitadas.

Figura 62 – Acesso rápido ao perfil.



Fonte: Autoria própria.

Figura 63 – Seleção dos perfis comparados.



Fonte: Autoria própria.

Figura 64 – Perfil de elevação do solo e do grade.



Fonte: Autoria própria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante de tudo o que foi supracitado é indubitável destacar a viabilidade da utilização do software Autocad Civil 3D na elaboração e análise de viabilidade de diversos projetos envolvendo movimentações de terra.

O software por sua vez mostrou-se muito eficiente e versátil, não só nos cálculos dos cortes e aterros, mas também na criação das superfícies de estudo e diagramas auxiliares, destacando-se o perfil de elevação do solo e o perfil de elevação solo versus grade, os quais foram destacados e exemplificados anteriormente.

Outro fator de grande relevância, são as diversas possibilidades de modificação possíveis na criação de uma superfície para estudo, onde se tem a possibilidade de definir diferentes alturas ao longo da grade, bem como diferentes inclinações, tornando-se assim o perfil e o cálculo mais próximos a realidade.

A metodologia adotada mostrou-se muito eficaz, tanto na aquisição e processamento dos dados, quanto na estimativa das movimentações de terra, contudo, caso seja necessário mais precisão, rapidez e que englobem uma área maior, sugere-se o uso de equipamentos mais avançados, como drones mais modernos, os quais conseguem imagens com melhor resolução e cobrem uma área maior, associados a esses pode-se utilizar um GPS mais eficiente, o qual resultará na obtenção de mais pontos de controle e de maior precisão, resultando em uma maior quantidade de pontos de controle, que, em consonância ao que foi supracitado, é de grande importância associar tudo isso a um computador com alta capacidade de processamento de dados e imagens.

Na área estudada encontrou-se uma grande diferença de nível, variando de 58 m de elevação à 33 m, a grade criada, para fins de estudos e demonstrações optou-se por uma altura entre esse intervalo, tem 40 m de elevação e diferentes inclinações em seu trecho, fatores esses que resultaram em um volume de 29,19 m³ de corte e 407,64 m³ de aterro para sua execução, se considerar o reaproveitamento do solo cortado, encontra-se um volume de 378,46 m³ a serem aterrados.

Deve-se ressaltar que tais informações são expressas em metros cúbicos (m³). Nesse exemplo encontrou-se uma estimativa de 29,19 m³ de corte, 407,64 m³ de aterro, e considerando o reaproveitamento de solo, chegou-se a um volume de 378,46 m³ a serem aterrados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O software Autocad Civil 3D apresentou um excelente desempenho em suas funções, destacando-se principalmente na precisão de seus devidos cálculos realizados, facilidade no acesso as suas funções e principalmente na qualidade na exposição dos resultados, sejam eles expressos em forma de gráficos, como é o caso dos perfis de elevação, ou de maneira mais direta, com seus valores expressos em números reais, como é o caso dos cortes e aterros.

Uma das maiores dificuldades na realização de tais estimativas se dá na etapa de obtenção de dados, isso se deve a baixa quantidade de profissionais capacitados a utilizarem dos equipamentos necessários, drone, GPS e computador, em consonância com tal fato, outra dificuldade é a aquisição desses equipamentos, pois os mesmos não são de baixo custo, assim como os softwares utilizados, contudo, utilizando a metodologia apresentada, associado aos equipamentos utilizados, equipamentos estes que não são de ultima geração e por consequência tem seu custo relativamente baixo se comparado aos demais, foram encontrados resultados satisfatórios e tornou-se possível atender aos objetivos almejados.

Apesar do alto custo envolvido, equipamentos e mão de obra, se for diluído ao longo do tempo de uso e aplicado em de diversas obras e projetos, o custo de aquisição dos equipamentos torna-se irrisório comparado ao valor das obras e projetos, tornando-se assim muito viável.

REFERÊNCIAS

Autodesk Civil 3D. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>>. Acesso em: 13 jan.2024.

AUTODESK. Soluções BIM. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/bim>. Acesso em: 19 jan. 2024.

BORGES, Alberto de Campos. Topografia. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2019. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 17 mar. 2024.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2ª ed. Hoboken: Wiley, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: Dados Populacionais do município de Mossoró, localizado no estado do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/mossoro.html>. Acesso em: 16 de março de 2024.

LIMA, M. M. X. et al. Aplicação de simulação computacional de terraplanagem para a avaliação de alternativas de implantação de projetos. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora, p. 2412-2419, 2012.

ROSIM, SERGIO; NAMIKAWA, LAÉRCIO MASSARU. Cálculo do Volume de Corte e Aterro usando Modelagem Numérica de Terrenos. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, p. 741-742. 1996.

Tavares, D. C. (2021). Comparação na eficiência de levantamentos planialtimétricos feitos com RPA em diferentes alturas de voo (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa).

Vilela, J. P. S. (2014). Comparativo de metodologias, processamento e quantitativos entre os programas computacionais Civil 3D e Topograph (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS.