



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Introdução

Orientação Exterior é o processo pelo qual, através de pontos de controle ou de apoio medidos no terreno e identificáveis nas imagens, pode-se calcular a orientação das imagens em relação ao sistema de coordenadas do terreno. Apesar de ser resultante do processo de fototriangulação pelo método dos feixes perspectivos, pode ser também calculada para cada imagem separadamente. Este é o caso deste tutorial. A orientação exterior fornece, para cada imagem, as coordenadas do centro óptico do sensor ou da câmara e seus “ângulos de atitude (ω , ϕ e κ)” no instante da tomada da fotografia. Esses parâmetros são referidos ao sistema de coordenadas do terreno. Neste tutorial estamos mostrando como executar a Orientação Exterior pelo método da Ressecção Espacial. A ressecção espacial deve ser executada para cada uma das imagens fotogramétricas do seu projeto fotogramétrico.

Apresentação

Após executar o arquivo do Software Livre E-Foto aparecerá a tela de abertura do software, conforme mostrado na figura 1, abaixo. No menu principal temos as opções **Project**, **Execute** e **Help**. Para realizarmos a Orientação Exterior deveremos executar os módulos do sistema fotogramétrico com os dados alimentados a priori em uma etapa anterior (o módulo de Gerenciamento de Projeto, etapa de cadastro de um novo projeto fotogramétrico, que foi alimentado pelas fontes de dados do certificado de calibração da câmara fotogramétrica) e naturalmente já devemos ter executado o processo de Orientação Interior para as referidas imagens conforme indicado no tutorial correspondente. Vamos mostrar um exemplo de utilização do programa para a realização do passo seguinte, a saber, da Orientação Exterior pelo método de ressecção espacial. Desta forma, optaremos pela opção do menu denominada **Project** conforme a figura 1 abaixo.



Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
Projeto E-Foto

Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito



Figura 1 – Tela inicial de abertura do E-Foto.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Iniciando a Orientação Exterior num Projeto Fotogramétrico

Passo 1: No menu **Project** aparecem algumas opções, escolheremos a opção **Load File** e uma lista de projetos cadastrados aparecerá. Caso não apareça o projeto desejado, é possível navegar pelos diretórios e encontrá-lo. Escolha então o projeto desejado, conforme mostra a figura 2, a título de exemplo.

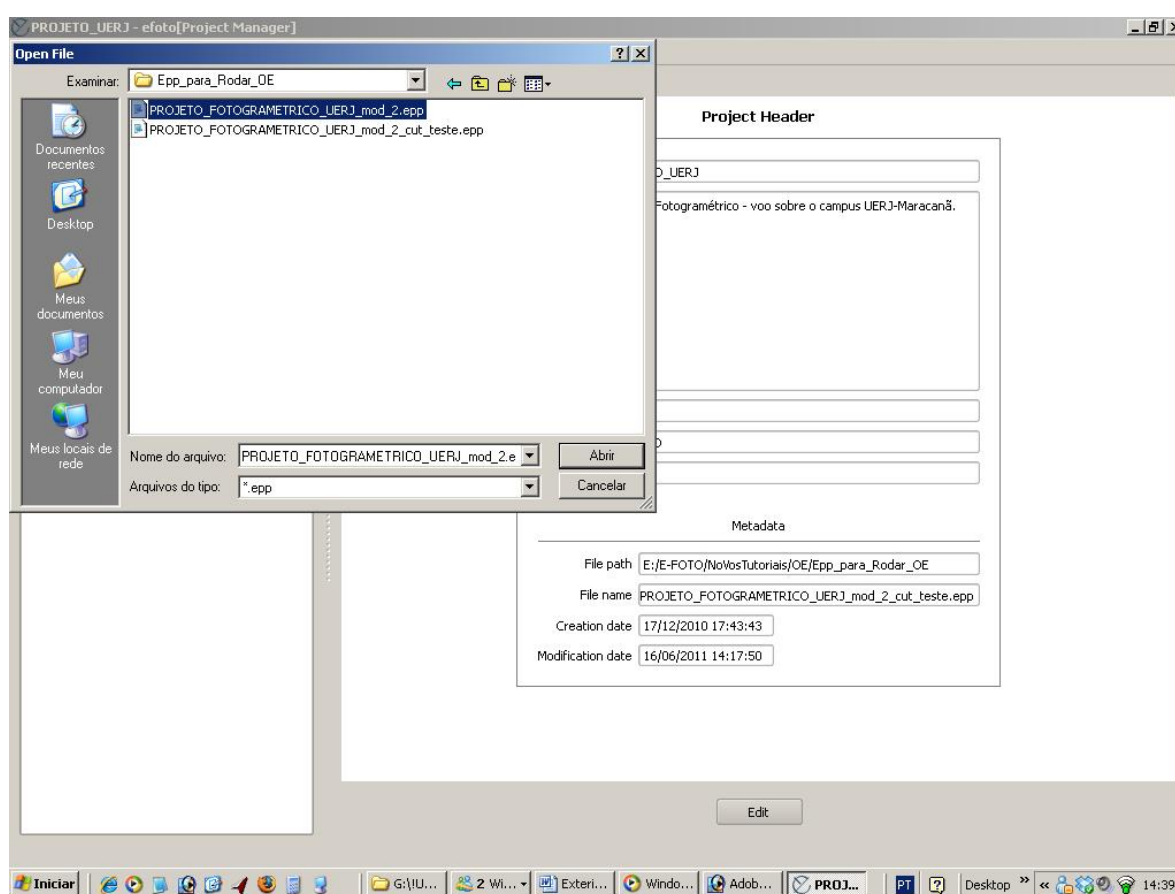


Figura 2 – Tela do **Project Header** para carregar um projeto cadastrado.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Passo 2: Após clicarmos no botão Abrir aparecerá a tela abaixo como mostra a figura 3. Já foi realizada a Orientação Interior para a imagem, então, devemos agora realizar a Orientação Exterior. Para tal clique no item **Execute** e em seguida **Spatial Resection**. Uma janela menor possibilitará a escolha da imagem para iniciar a medição dos pontos de controle. É preciso escolher a imagem desejada e clicar em OK conforme mostra a figura 4.

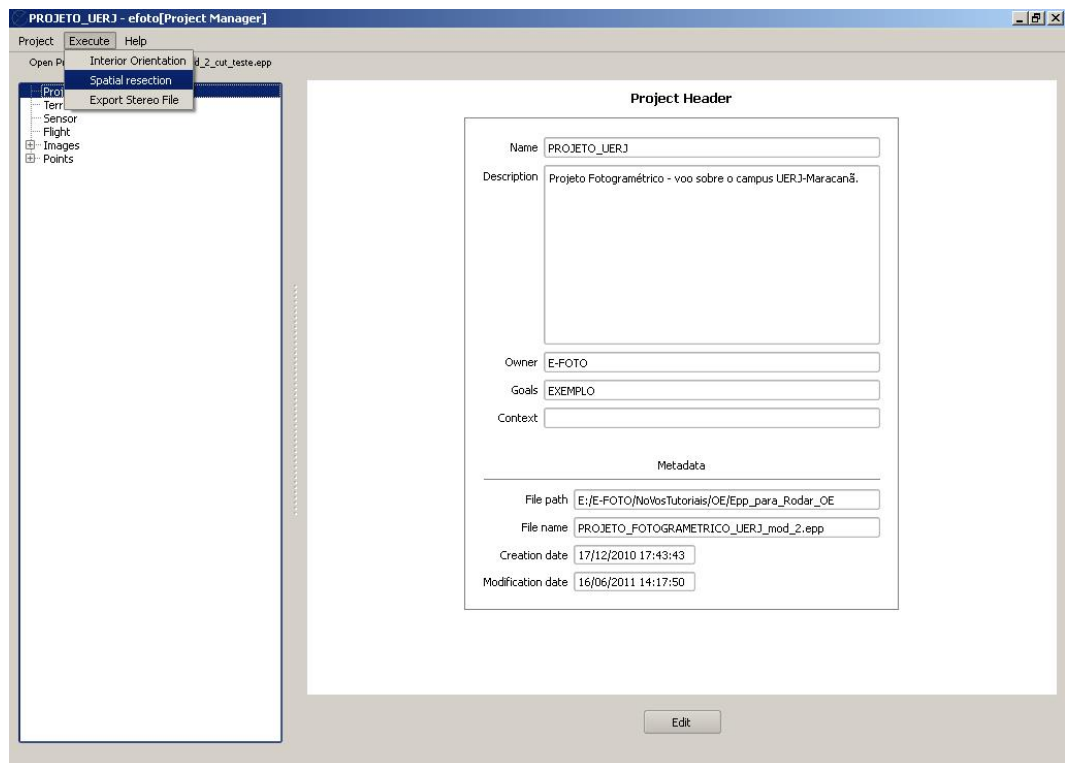


Figura 3 – Tela de Chamada da Execução da Orientação Exterior pelo método de Ressecção Espacial.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

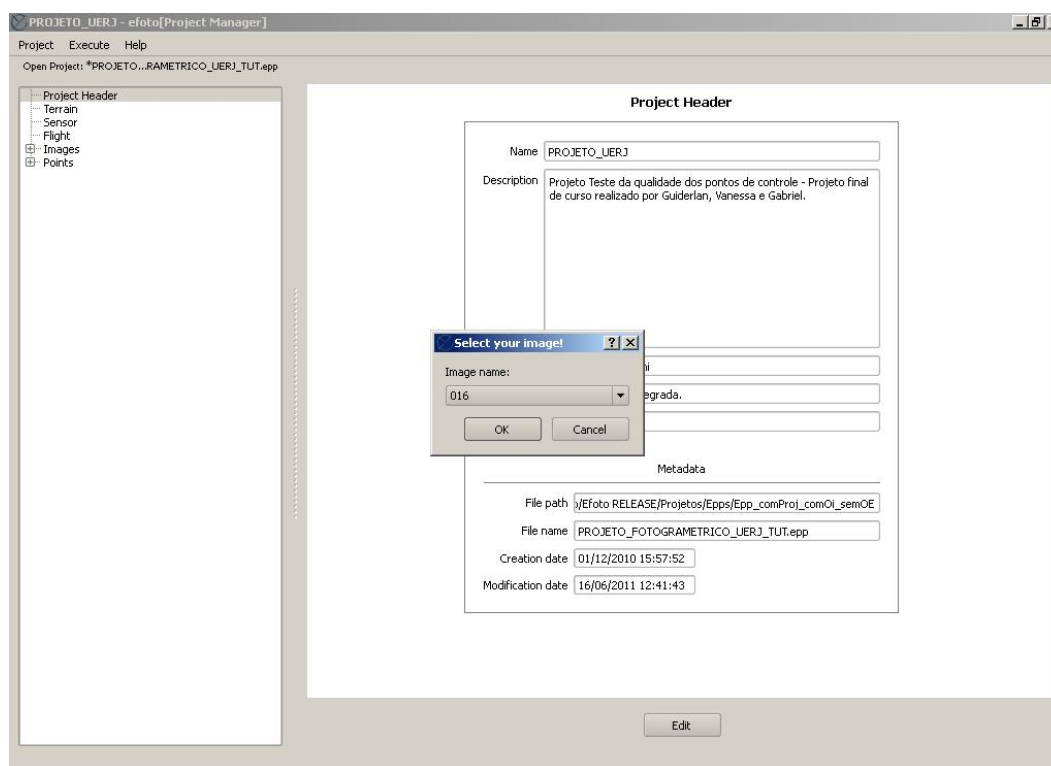


Figura 4 – Tela de Chamada para a primeira imagem (imagem 16).

Passo 3: Observe a figura 5 abaixo. Nela você visualizará a distribuição de todos os pontos de apoio de campo disponíveis para a imagem 016, a fim de facilitar sua identificação, escolha e medição. Há que ressaltar que você necessitará de medir apenas 4 pontos de apoio (ou de controle) para que o cálculo de O.E. seja possível. Sugere-se que escolha 4 pontos dentre os disponíveis. Alternativamente você pode utilizar o Google Earth para identificar a localização geográfica aproximada dos pontos de controle. Para isto, basta utilizar as coordenadas geodésicas ϕ e λ do ponto, ao invés das coordenadas UTM.

Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Fotografia 16:

P01, P02, P03, P04, P05, P06, P09 e P12.

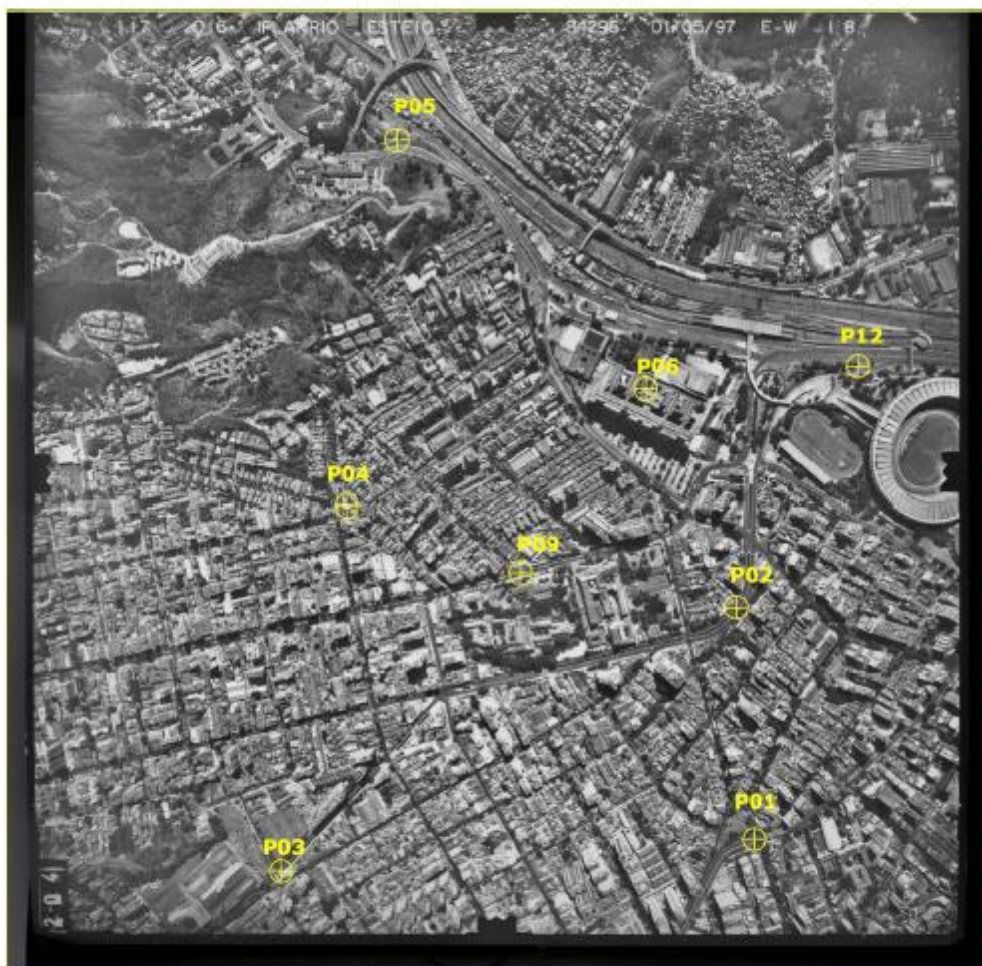


Figura 5 – Distribuição dos pontos de apoio de campo (pontos de controle) disponíveis para a imagem 016.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Passo 4: Precisamos agora identificar na imagem os pontos de apoio ou de controle, conforme indicado no relatório de pontos que acompanha o material de dados e exemplos disponibilizado para download no site do projeto. Na figura 6 abaixo, observe que na tabela apresentada (Point Coordinates) já constam os pontos anteriormente cadastrados. Para localizarmos o primeiro ponto escolhido, vamos aproximar a região do ponto 1 com a ferramenta zoom como mostra a figura 7.

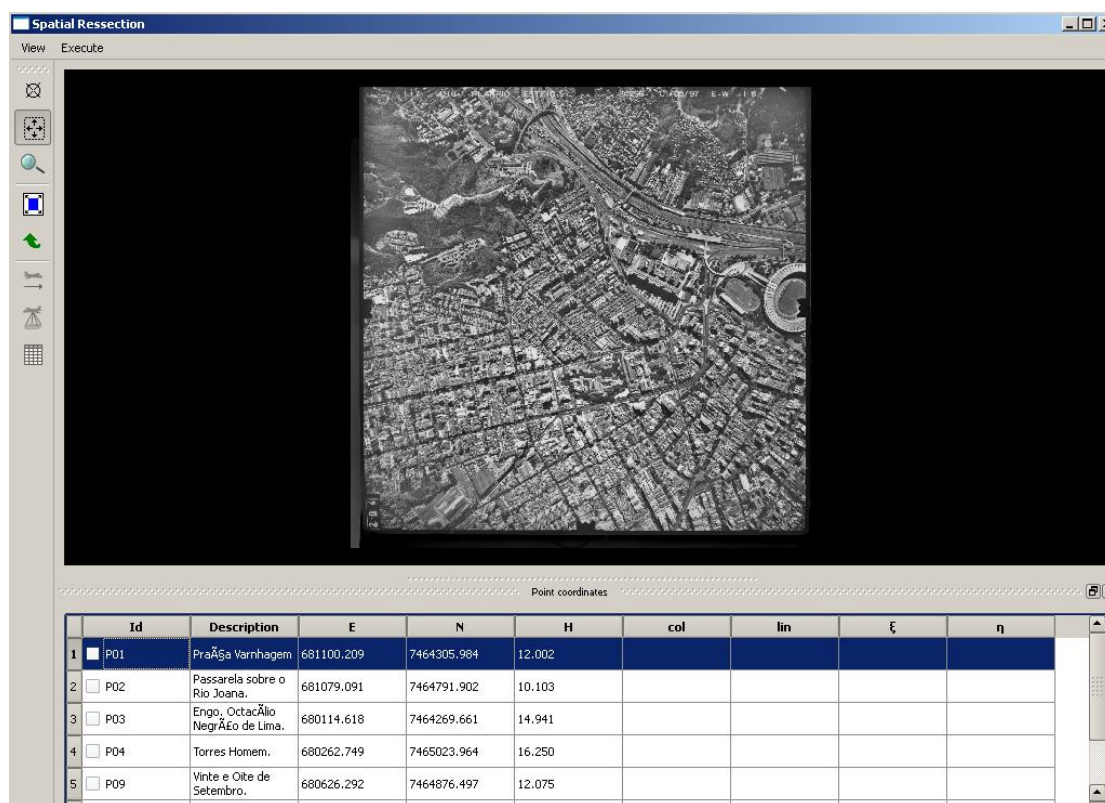


Figura 6 – Tela de exibição da imagem para identificação do ponto 1 na imagem 16.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

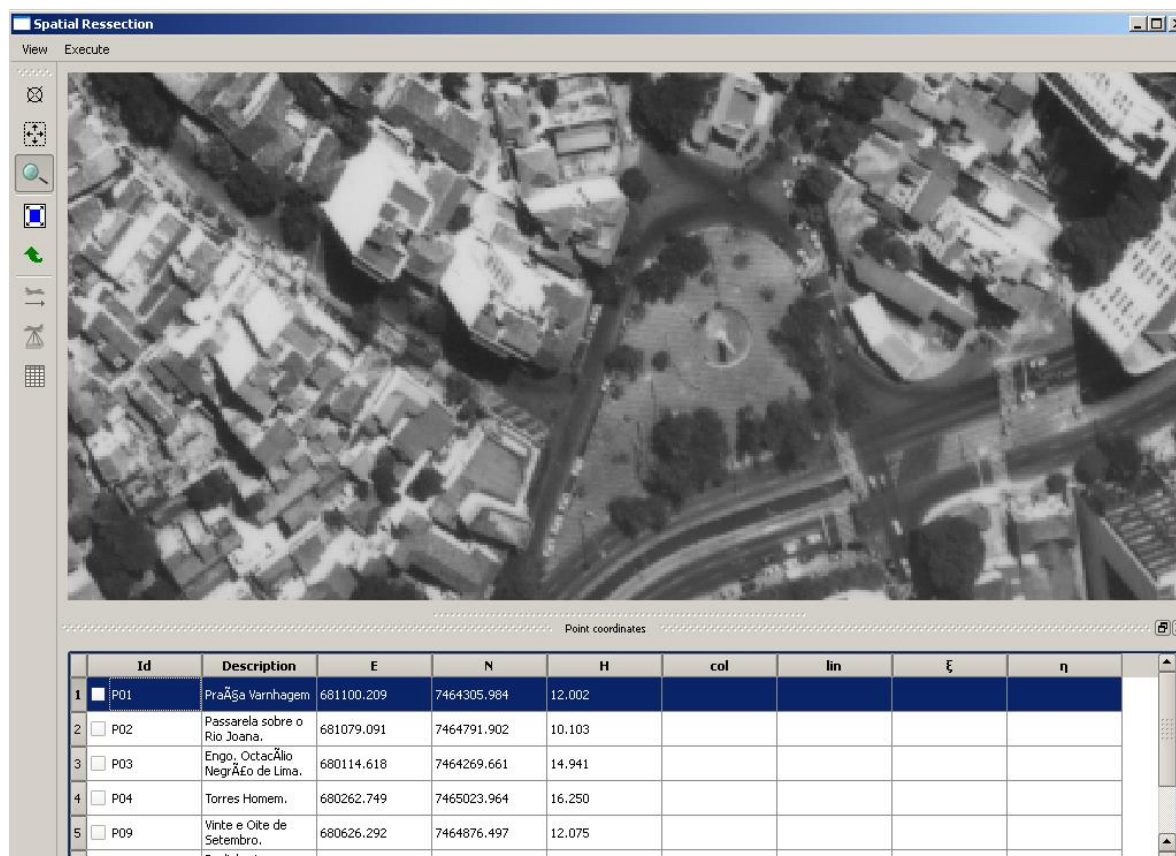


Figura 7 – Tela de exibição da imagem 16 com aproximação de zoom para identificação do ponto 1.

Passo 6: Precisamos aproximar um pouco mais a imagem com o zoom até identificar o primeiro ponto escolhido, nesse exemplo, o ponto 1. Feito isso, utilize o “botão” **Set Point** para medir o ponto 1, conforme mostra a figura 8 abaixo.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

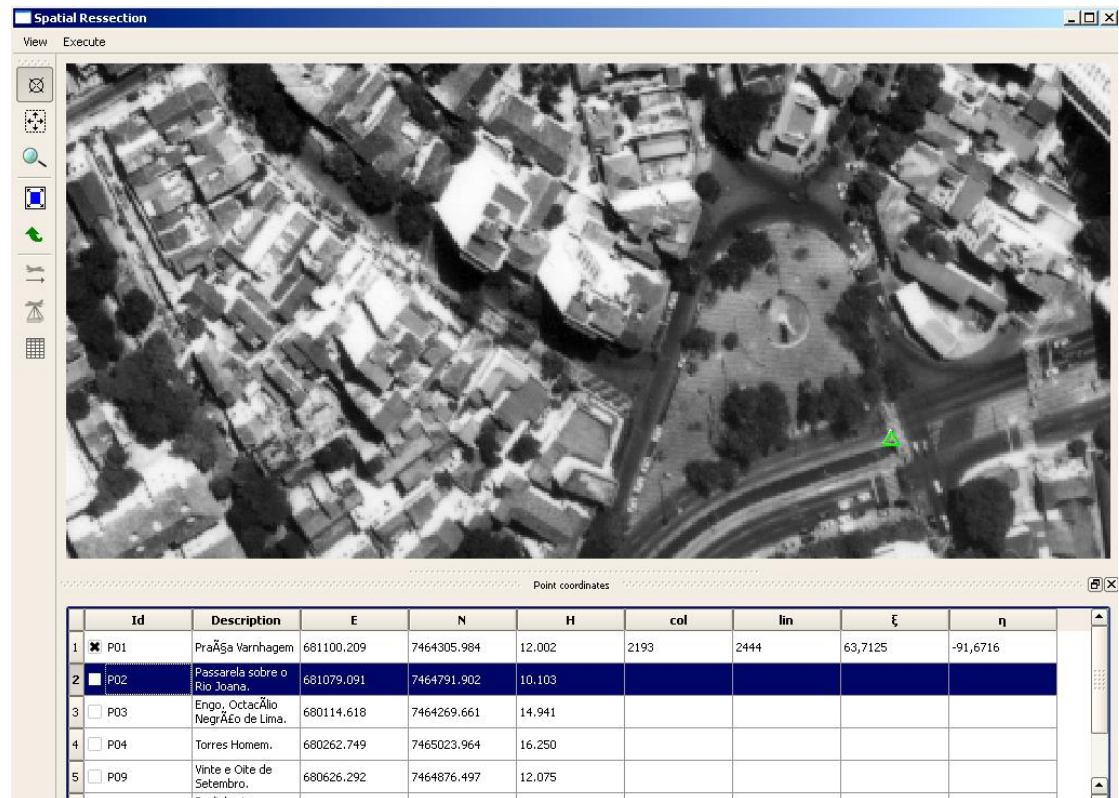


Figura 8 – Tela de exibição da imagem 16 com o ponto de controle 01 medido e atualizado na tabela.

Obs.: Observe que na primeira linha da tabela **Point Coordinates** os valores correspondentes ao ponto medido são atualizados e o cursor pula imediatamente para a linha seguinte. Caso a medição tenha que ser refeita, basta retornar à linha de cima com o cursor e clicar novamente na imagem na posição mais adequada. O ponto será medido novamente e a tabela atualizada.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Passo 7: Precisamos repetir o processo para o segundo ponto escolhido, lembrando de utilizar o relatório descritivo como guia para facilitar a localização dos pontos nas imagens. Para retornar a imagem ao tamanho original, clique no “botão” **Set View**. Localize a região do segundo ponto escolhido, neste exemplo, o Ponto 3, aproxime com o zoom. Feito isso, utilize o “botão” **Set Point** para medir o ponto 3 conforme mostra a figura 8 abaixo.

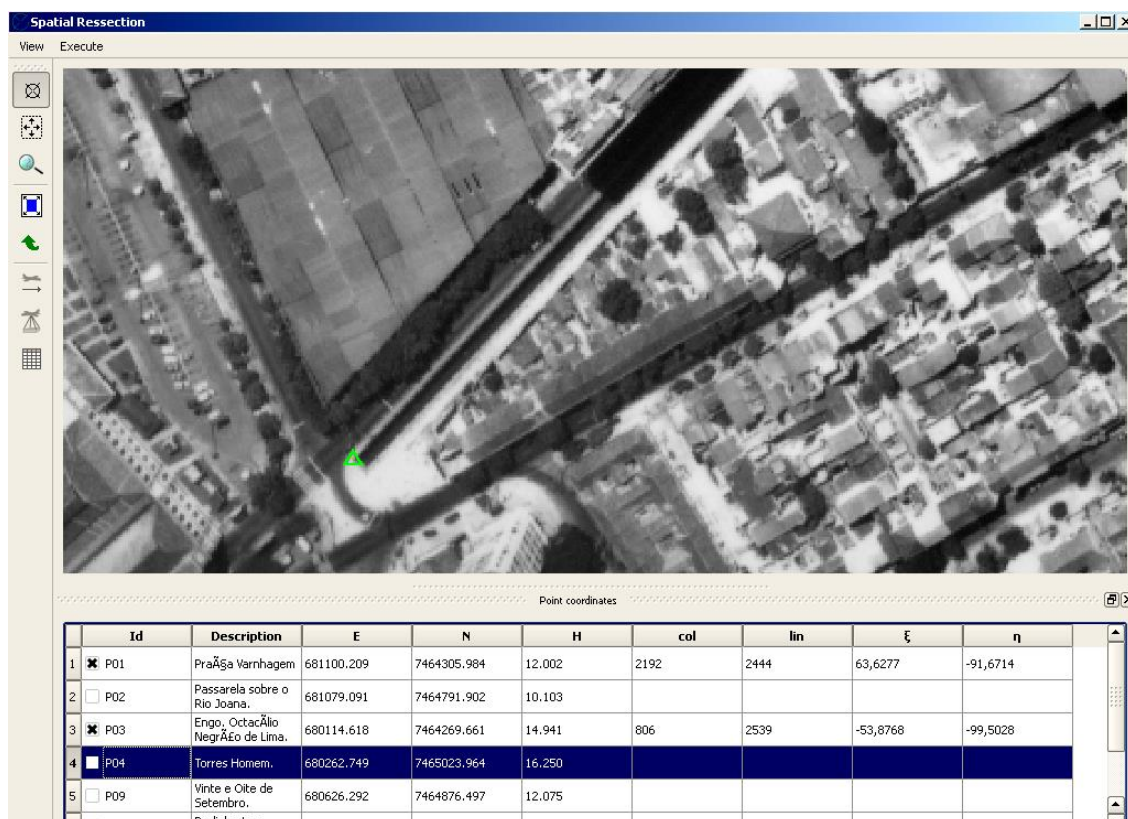


Figura 9 – Tela relativa a imagem 16 com o ponto 3 de controle medido.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Passo 8: Precisamos repetir o processo para o terceiro ponto escolhido, neste exemplo, o ponto 5, lembrando de utilizar o relatório descritivo como guia para facilitar a localização dos pontos nas imagens. Para retornar a imagem ao tamanho original, clique no “botão” **Set View**. Localize a região do terceiro ponto, aproxime com o zoom. Feito isso, utilize o “botão” **Set Point** para medir o ponto 5 conforme mostra a figura 9 abaixo.

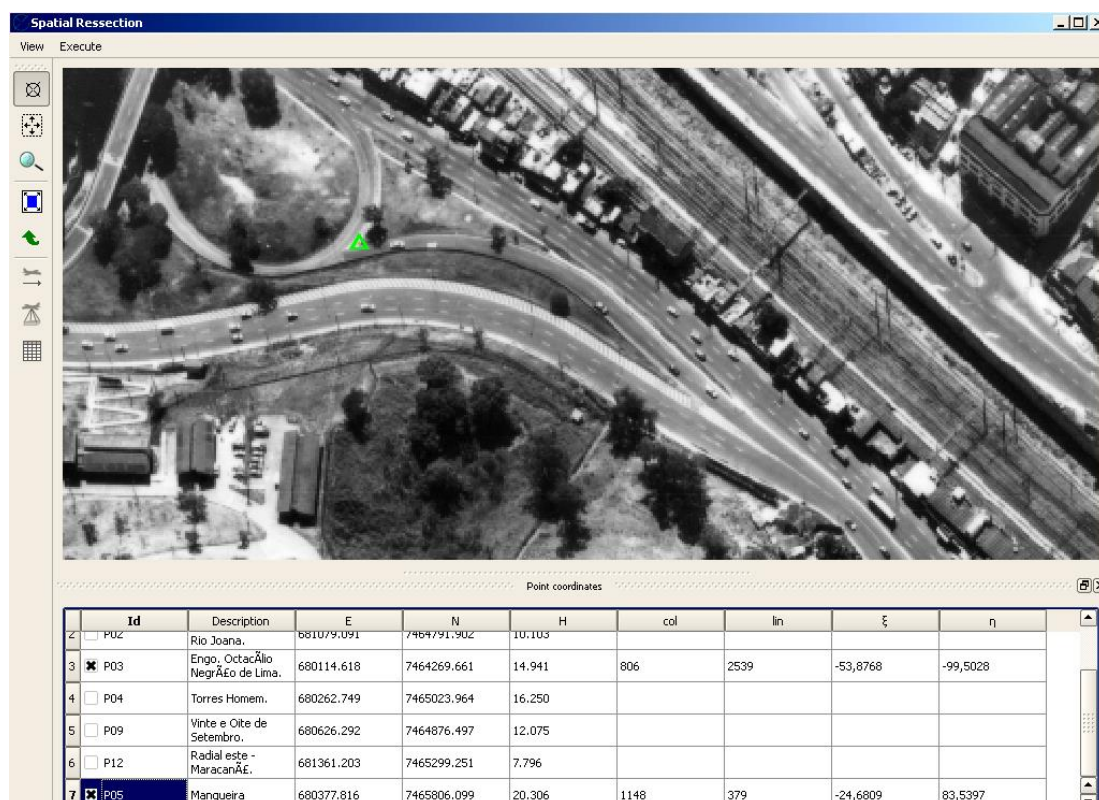


Figura 10 – Tela relativa a imagem 16 com o ponto 5 de controle medido.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Passo 9: Precisamos repetir o processo para o quarto ponto, neste exemplo, o ponto 12, lembrando de utilizar o relatório descritivo como guia para facilitar a localização dos pontos nas imagens. Para retornar a imagem ao tamanho original, clique no “botão” **Set View**. Localize a região do quarto ponto, aproxime com o zoom. Feito isso, utilize o “botão” **Set Point** para medir o ponto 12 conforme mostra a figura 10 abaixo.

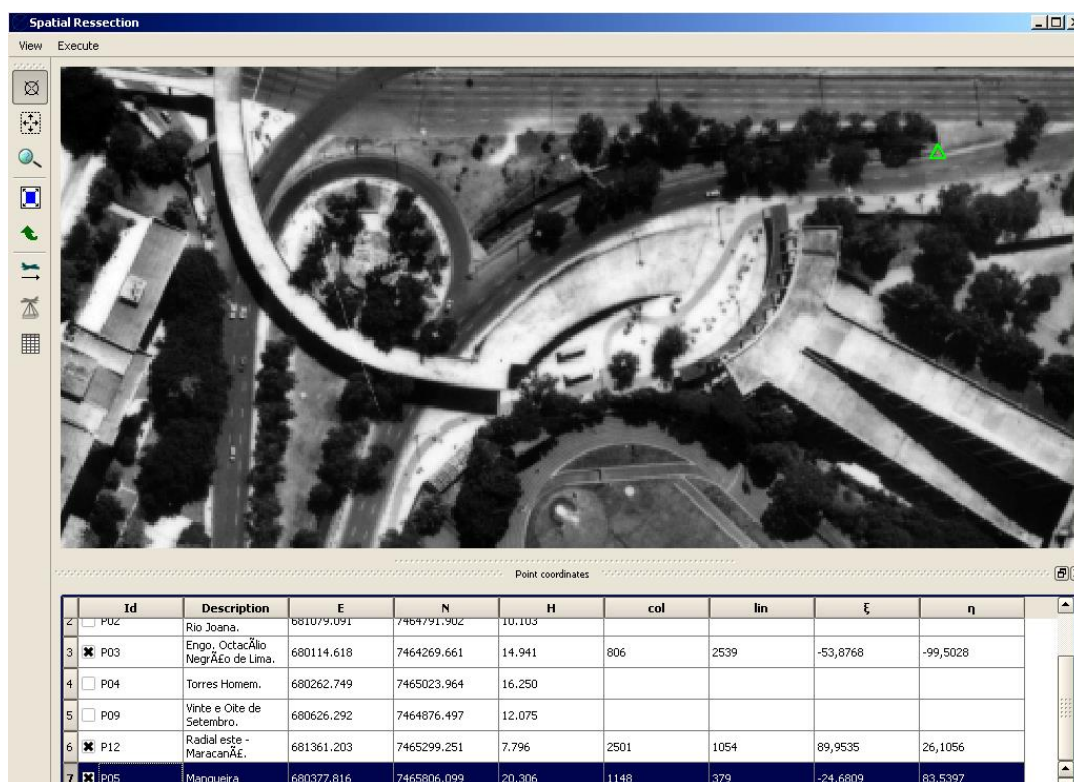



Figura 11 – Tela relativa a imagem 16 com o ponto 12 de controle medido.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Passo 10: Uma vez medidos pelo menos 4 pontos de controle na imagem 16, devemos indicar a direção do voo para orientar a fotografia com relação ao terreno conforme mostra a figura 11 abaixo. Para tal, clicar botão  “**Set Flight direction**”. Repare na seta verde que aparece na imagem assim que clicamos para indicar a direção do voo.

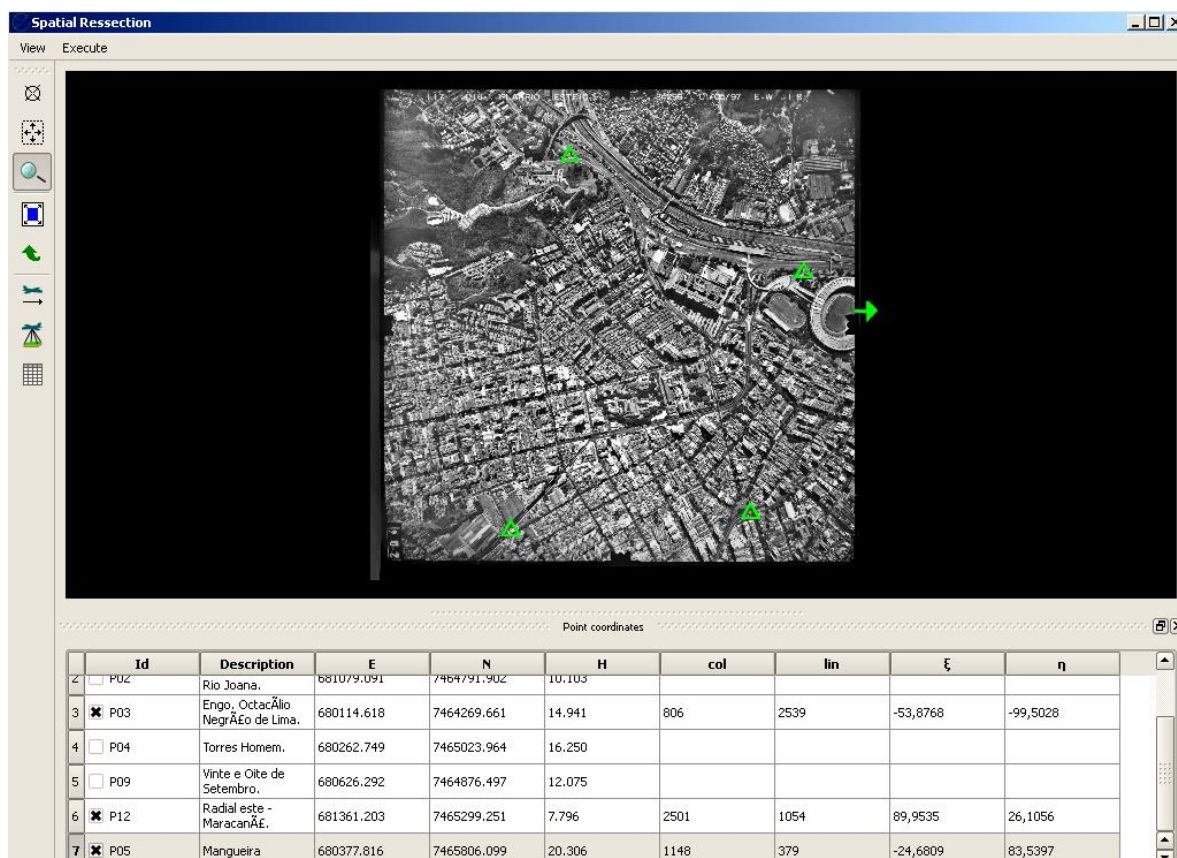


Figura 12 – Tela relativa a indicação da direção do voo.

Passo 15: Caso o usuário tenha medido, mais do que 4 pontos de controle, poderá escolher os pontos na tabela **Point Coordinates** para os quais deseja executar a O.E., clicando no campo que ficará com um “x” assinalado.

Para executar o cálculo da O.E., no menu principal, opte por **Execute** e em seguida, **Exterior Orientation** conforme mostra a figura 12 abaixo. Uma janela aparecerá perguntando o número de iterações conforme mostra a figura 13 abaixo.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Após dar “Ok”, aparecerá uma nova janela, solicitando a precisão dos parâmetros conforme mostra a figura 14 em seguida. Após dar o “Ok”, aparecerá o resultado dos cálculos com os valores correspondentes à matriz X_a (matriz dos resultados com os parâmetros da O.E. ajustados e sua Matriz Variância CoVariância (MVC), conforme a figura 15), L_a (matriz das observações) e V (matriz dos resíduos) conforme mostra a figura 16 na sequência.

Obs.: O usuário tem também disponíveis as abas “ L_a ” e “ V ” correspondentes respectivamente, ao vetor das observações ajustadas e ao vetor dos resíduos. Ao lado destas serão exibidas suas respectivas MVC.

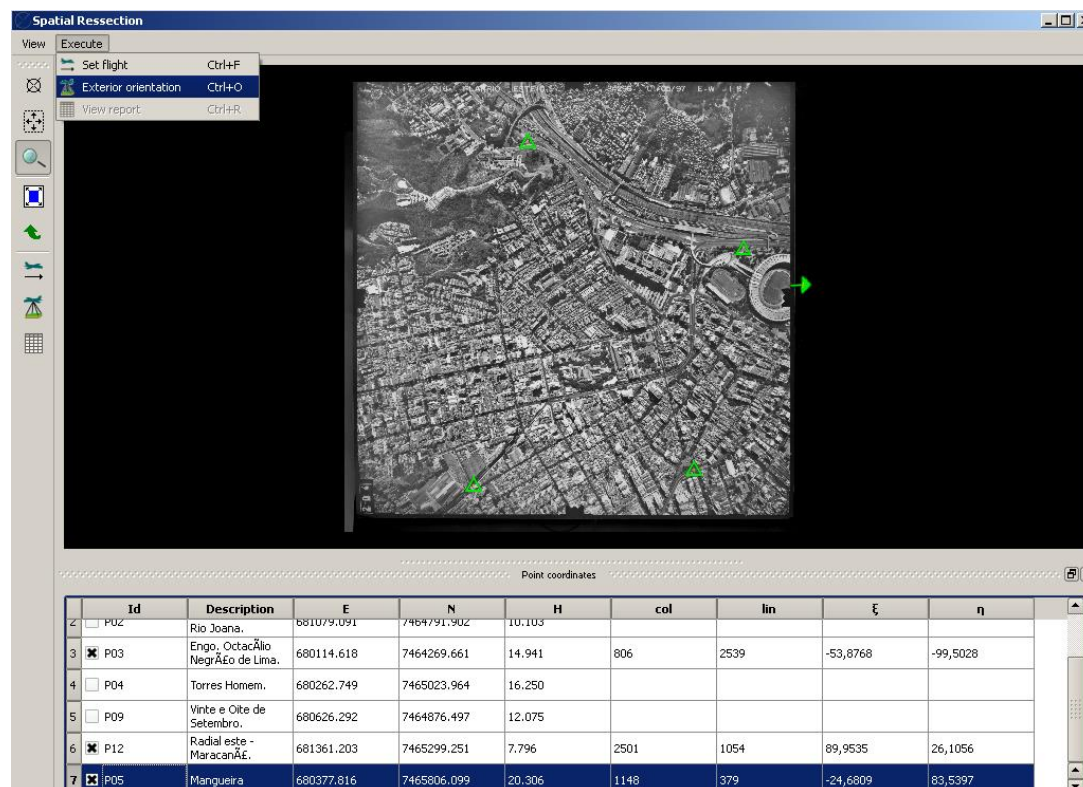


Figura 13 – Tela relativa a chamada da execução da O.E..



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

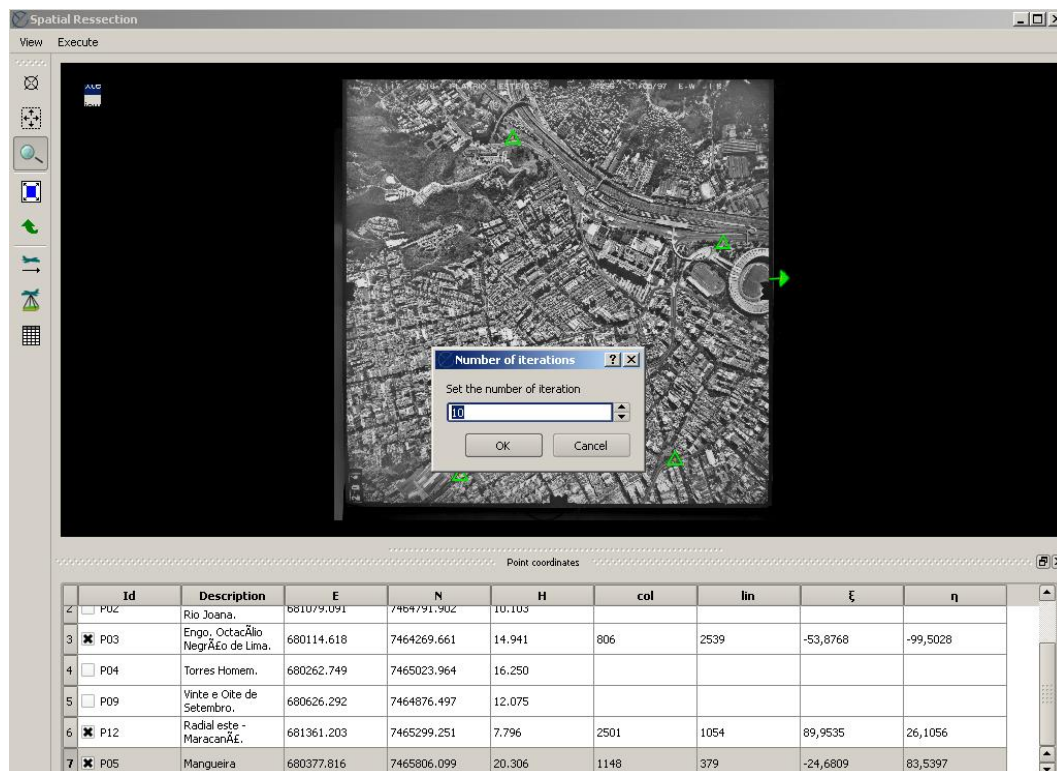


Figura 14 – Tela mostrando o número de interações a ser escolhido.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

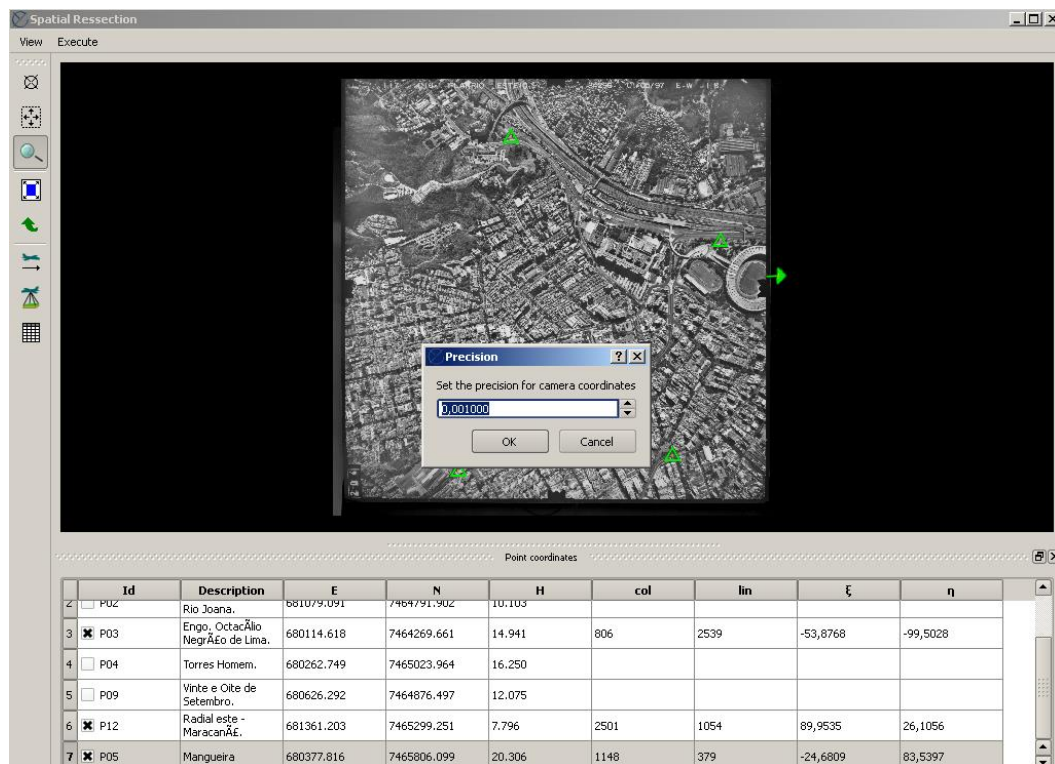


Figura 15 – Tela mostrando a precisão das coordenadas da câmera.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

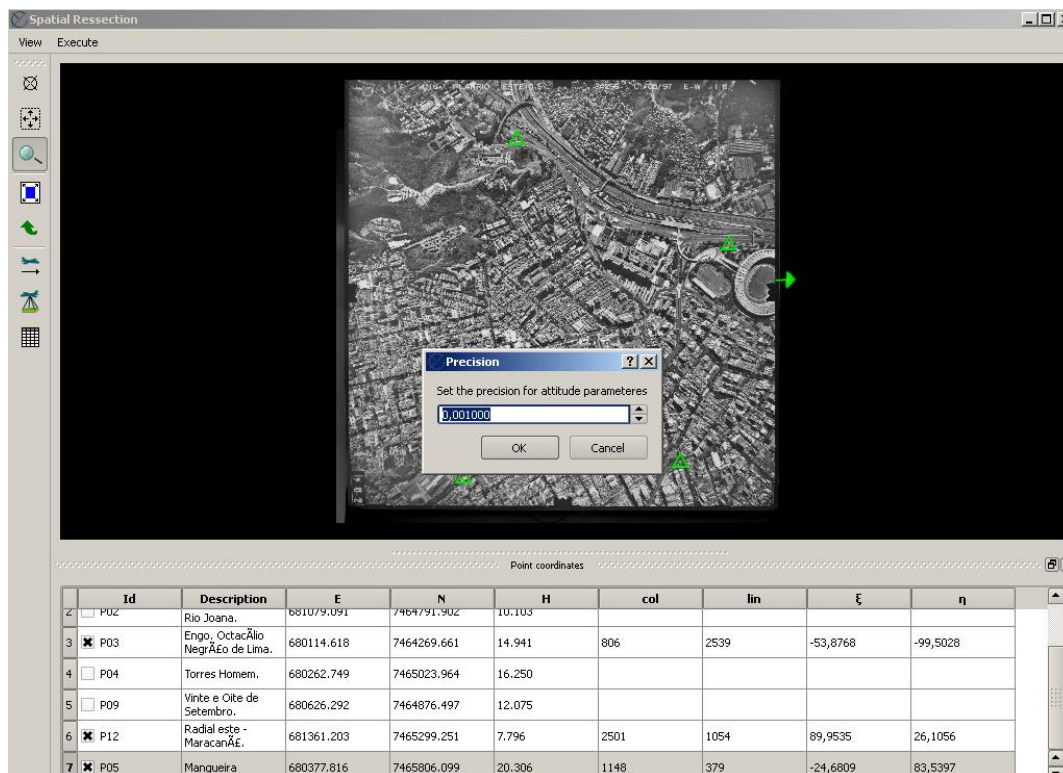


Figura 16 – Tela mostrando a precisão dos parâmetros.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Iterations: 3
Converged: yes

Xa Lb V

	1
X0	6.805582e+05
Y0	7.465060e+06
Z0	1.318447e+03
ϕ	-1.504106e-02
ω	2.278852e-02
κ	-1.990059e-02

	1	2	3	4	5	6
1	1.197690e+02	-1.110365e+01	1.179784e+01	7.978748e-02	7.841105e-03	-6.627198e-03
2	-1.110365e+01	9.504239e+01	-1.042414e+01	-8.176278e-03	-6.139181e-02	-3.581737e-03
3	1.179784e+01	-1.042414e+01	1.247894e+01	8.786914e-03	7.841183e-03	-2.625542e-04
4	7.978748e-02	-8.176278e-03	8.786914e-03	5.448185e-05	5.748715e-06	-3.761841e-06
5	7.841105e-03	-6.139181e-02	7.841183e-03	5.748715e-06	4.087780e-05	1.902318e-06
6	-6.627198e-03	-3.581737e-03	-2.625542e-04	-3.761841e-06	1.902318e-06	6.198718e-06

Accept

Figura 17 – Tela mostrando os resultados do cálculo dos parâmetros da O.E.e de sua(s) Matrizes Variância e Covariância.

Passo 16: A partir daqui, o usuário deve conferir os resultados e aceitá-los, caso esteja satisfeito com os mesmos dar **ACCEPT**. Caso necessite retirar algum ponto do cálculo, por exemplo, retorne à tabela, desmarque o ponto e solicite nova execução da Orientação Exterior. Quando obtiver o resultado desejado, clique no botão **ACCEPT**. Feito isso, feche essa tela, volte para a tela principal e no seu menu opte por “**Project**” e, em seguida, “**Save File**”, como mostra a figura 18 abaixo.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

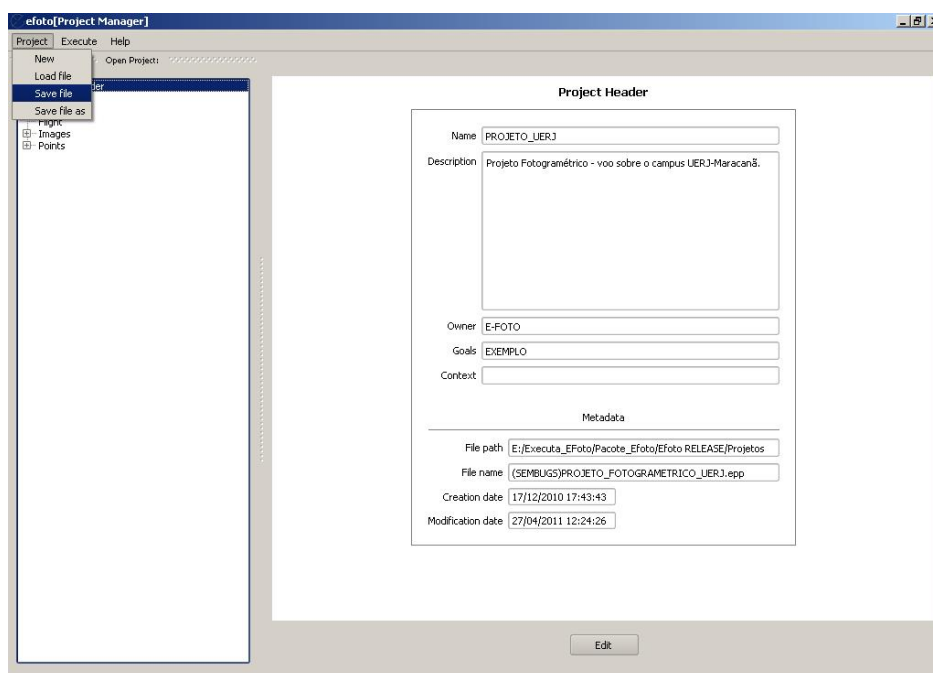


Figura 18 – Tela ao salvar o projeto.

Passo 17: Uma vez salvo, “**Project**”, “**Load File**”, escolha, **Images**. Vá para a área de trabalho que mostra a estrutura em árvore do **Open Project**, clique em **Images** e logo aparecerá na área ao lado as informações sobre quais imagens foram realizadas as Orientações Interiores e Exteriores marcadas com o “chek” mark ✓ como mostra a figura 19 abaixo. Você vai verificar que até esse ponto, já teremos a O.I. feita para as imagens 16, 17 e 18 e a O.E. para a imagem 16.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

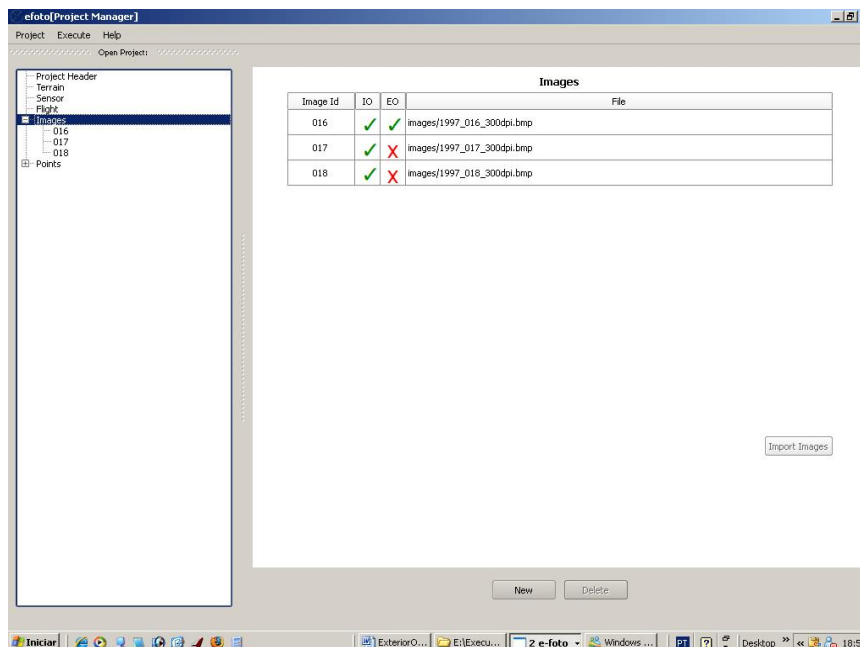


Figura 19 – Tela com o status das orientações das imagens.

Passo 18: Agora será necessário repetir o processo dos passos 2 ao 13 para a imagem 17 ou para a imagem 18 conforme a respectiva sequência de numeração de pontos para cada imagem conforme a tabela abaixo. As figuras 19 e 20 mostram o esquema de distribuição dos pontos para as imagens 17 e 18. Demais detalhes, com maior aproximação, encontram-se no relatório de pontos que acompanha o o material disponível em dados e exemplos.



Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Point Number	Point Name
01	Praça Vanhargem
02	Passarela sobre o Rio Joana
06	Bloco C – UERJ
08	Rio Maracanã
09	Vinte e Oito de Setembro
10	Quinta da Boa Vista
11	Rio Trapicheiros
12	Maracanã
13	Radial Oeste – São Cristóvão

Figura 20– Tabela de pontos para a imagem 17.

Point Number	Point Name
01	Praça Vanhargem
02	Passarela sobre o Rio Joana
06	Bloco C – UERJ
08	Rio Maracanã
10	Quinta da Boa Vista
11	Rio Trapicheiros
12	Maracanã
13	Radial Oeste – São Cristóvão

Figura 21 – Tabela de pontos para a imagem 18.

Obs. 1: Abaixo o esquema de pontos da imagem 17 para servir de guia para a execução da Orientação Exterior para essa imagem.

Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Fotografia 17:

P01, P02, P06, P08, P09, P10, P11, P12 e P13

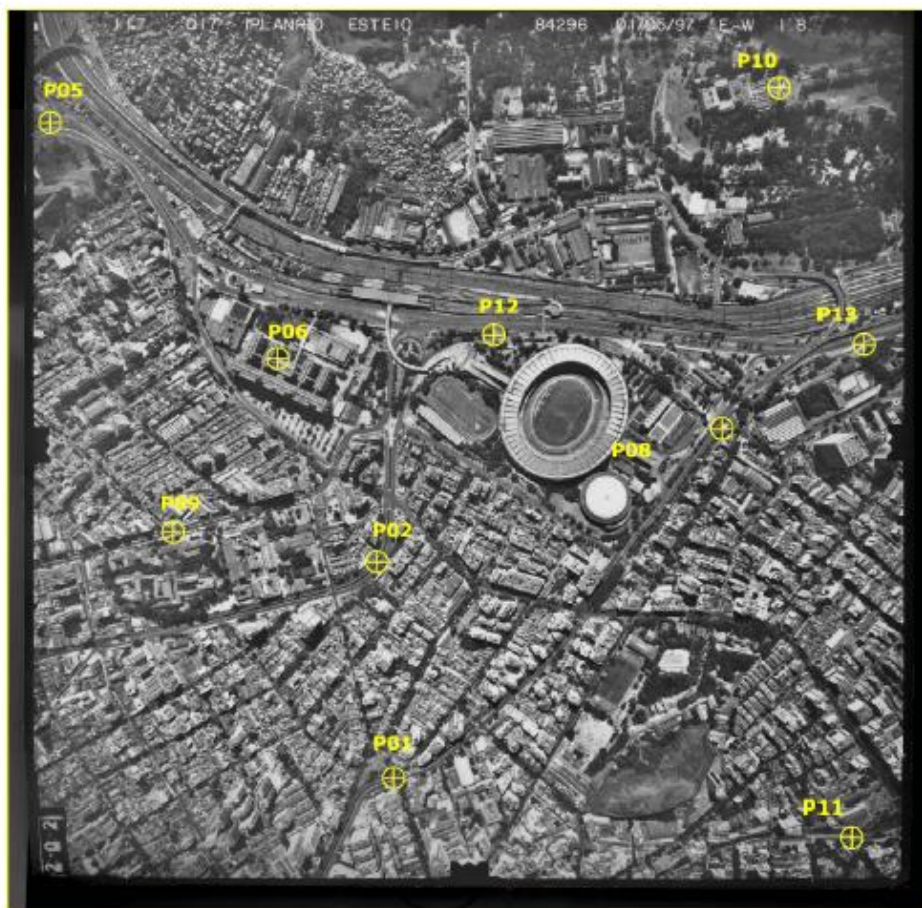


Figura 22 – Distribuição dos pontos de apoio de campo (pontos de controle) disponíveis para a imagem 017.

Obs. 2: Abaixo o esquema de pontos da imagem 18 para servir de guia para a execução da Orientação Exterior para essa imagem.

Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Fotografia 18:

P01, P02, P08, P10, P11, P12, P13 e P14

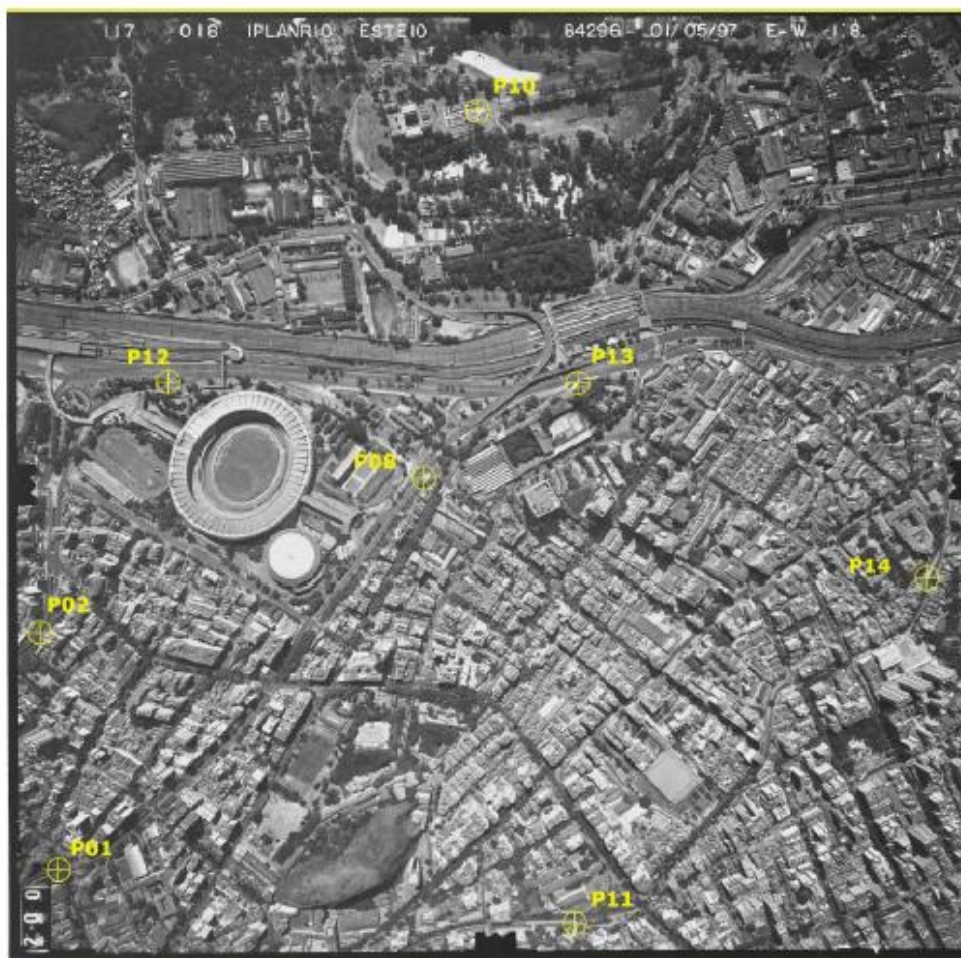


Figura 23 – Distribuição dos pontos de apoio de campo (pontos de controle) disponíveis para a imagem 018

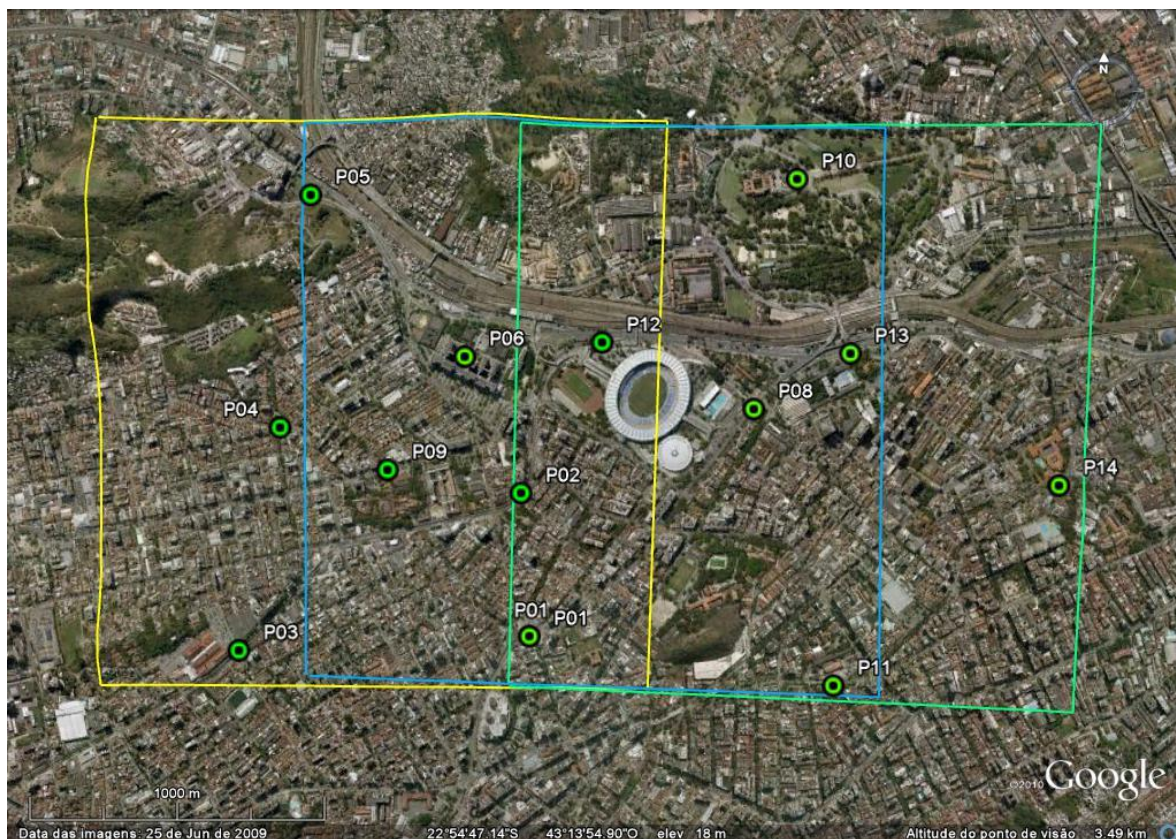
Após realizar a O.E. para as imagens 16, 17 e 18, você terá as coordenadas do centro de perspectiva destas imagens no espaço-objeto, bem como os três ângulos de atitude para cada uma delas.

Orientação Exterior

Autores: Lia de Souza e Simões Figueiredo, Rodrigo Dacome Lima, e Letícia de Assis Gomes da Silva

Revisão: Jorge Luís Nunes e Silva Brito

Obs. 3: Abaixo o esquema de pontos das imagens 16, 17 e 18, sobrepostas, para servir de guia para a execução da Orientação Exterior para essas imagens.



Atenção: Neste ponto, caso você tenha disponível os parâmetros de O.I. e O.E. de um modelo estereoscópico (digamos 016 e 017 ou 017 e 018) você poderá exportar seus parâmetros de O.I. e O.E. para utilização futura nos módulos de restituição fotogramétrica (estereoplotter) ou de Extração do MDS e Ortorretificação.

Para isto, execute o passo a seguir.

Passo 19: Na tela principal do **Project Manager**, opte por **Export Stereo File** conforme mostra a figura 3 deste tutorial.

Obs.: O uso dos módulos de “Stereoplotter” e Extração de MDS e Ortorretificação serão objeto de tutoriais específicos. Esses tutoriais serão disponibilizados no site do Projeto E-Foto em futuro próximo.

< FIM DO TUTORIAL >