

D: Registro, Correção Geométrica e Mosaico

As imagens produzidas por sensores remotos, sejam elas fotografias aéreas ou imagens de satélite, apresentam uma série de distorções espaciais, não possuindo, portanto, precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nelas representados.

Erros geométricos resultam das seguintes causas:

- rotação da Terra
- curvatura da Terra
- movimento do espelho de imageamento
- variações da altitude, posição e velocidade da plataforma
- distorção de panorama
- distorção topográfica

Freqüentemente, a informação extraída da imagem de sensoriamento remoto precisa ser integrada com outros tipos de informação, representados na forma de mapas, especialmente quando se trabalha com sistemas geográficos de informação, nos quais as imagens de sensoriamento remoto são uma das principais fontes de dados. Por outro lado, os dados contidos em uma imagem de satélite precisam ser apresentados na forma de um mapa, com uma grade de coordenadas geográficas de referência traçada sobre a mesma.

A **correção geométrica**, ou **georreferenciamento**, é feita pelo ajuste de uma imagem ou de um arquivo vetorial a um espaço definido por um sistema de coordenadas de referência. Com relação às imagens, uma forma comum de correção geométrica se faz pela indicação do sistema referência (p. ex., latitude/longitude), dos sistemas de projeção (p. ex., Gauss, UTM) e das coordenadas dos limites esquerdo, direito, superior e inferior da imagem. O mesmo é válido para dados vetoriais.

As ferramentas de registro/correção geométrica possibilitam a referência de imagens tanto a um sistema de coordenadas geográficas ou de projeção, quanto a outras imagens. Além disso, as imagens podem ser rotacionadas antes do registro, pela função "*Ferramentas – Rotacionar/Girar Imagens*", que facilita a orientação nas imagens não retificadas.

No ENVI, os pontos de controle ("**Ground Control Point**", GCP) podem ser selecionados tanto na janela principal, como na janela de ampliação para os dois modos da retificação: imagem para imagem e imagem para mapa. As coordenadas são apresentadas numa lista que contém as coordenadas do mapa-base ou da imagem básica, as coordenadas da imagem não-retificada e o valor de erro para o algoritmo específico de ajuste ("warping").

O ajuste pode ser aplicado das seguintes maneiras:

- RST ("Resampling, Scaling and Translation" - Rotação, Escalonamento, Translação)
- Funções polinomiais
- Triangulação "Delonay"

1. Registro e Georreferenciamento de Imagens

A seleção dos pontos de controle é decisiva para a qualidade da correção geométrica. O registro manual se baseia na identificação de pontos de controle do terreno, de forma semelhante na correção geométrica usando GCPs.

1.1. Imagem para mapa

O procedimento usualmente adotado envolve a identificação de, no mínimo, 6 a 10 pontos por área de 1.000 x 1.000 pixels e no mapa correspondente, ou seja, o procedimento de registro de imagem para mapa consiste em registrar uma imagem a partir de um mapa conhecido, seja ele uma carta impressa em papel ou uma base vetorial. Antes de ser aplicada a transformação, o ENVI permite a avaliação dos erros obtidos nos ajustes entre os pontos de controle cartográficos e os seus equivalentes na imagem.

Após uma análise dos erros para cada ponto de controle, aplica-se a transformação na imagem original, sendo assim produzida uma nova imagem, corrigida segundo a projeção cartográfica do mapa a partir do qual foram obtidos os pontos de controle.

O registro de imagem para mapa requer, no mínimo, uma imagem carregada na tela, e essa imagem é a imagem que chamaremos de "warp", que é a imagem que será corrigida.

- Selecione, no menu principal, o item "Mapa - Registro". Esta ferramenta possibilita a escolha interativa entre o registro "Imagem para Imagem" e "Imagem para Mapa".
- Clique com o "mouse" na opção "Imagem para Mapa"
- Aparece a caixa de diálogo de registro de imagem para mapa, onde é escolhida a janela para registro (Figura ao lado).

Para o território do Brasil a maioria das projeções UTM já está disponível de forma pré-definida (p.ex. Brasil-UTM SAD 69 (Fuso 23)).

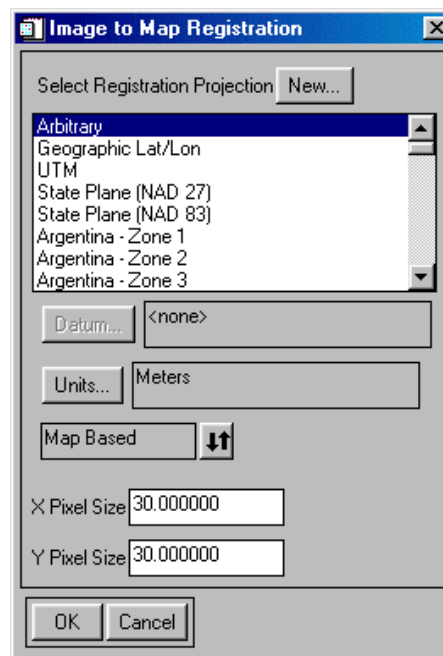


Figura D-1: Caixa de diálogo de registro de Imagem para Mapa

- Selecione a projeção de saída (p.ex., UTM), teclar a zona de UTM e o tamanho dos pixels de saída na caixa de texto.
- Clique o botão "OK" para aplicar os parâmetros escolhidos.
- Aparece o diálogo "Ground Points Control Selection" (Figura mais abaixo).

Introduzir as coordenadas de mapa

Digite as coordenadas de mapa na caixa de texto rotulada com "E" e "N".

Alternativamente, clique no botão com as flechas, localizado no lado esquerdo da caixa, que indica o nome da projeção - neste caso UTM - para mudar as coordenadas de projeção para valores de longitude e latitude.

Use valores negativos de longitude para o hemisfério oeste e valores negativos de latitude para o hemisfério sul. O cálculo das coordenadas geográficas para o sistema de projeção escolhido é feito com a volta para coordenadas da projeção escolhida.

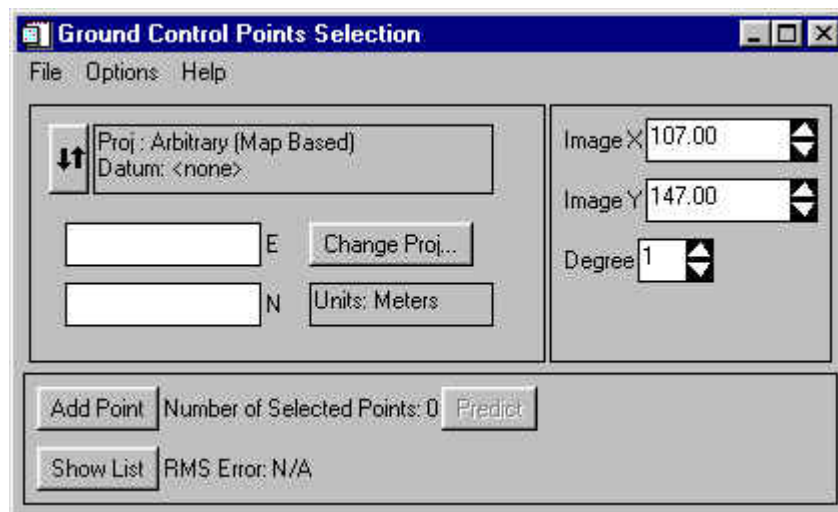


Figura D-2: GCP (janela para o controle do registro)

Acrescentar um ponto de controle

Procure um ponto de controle tanto na imagem como no mapa.

- Coloque a janela de ampliação na posição do pixel escolhido e clique o botão "Add Point", na caixa de diálogo "Ground Control Points Selection", para acrescentar o novo ponto na lista dos pares X,Y.

A lista dos pontos de controle escolhidos aparece quando clicamos em Show List.

Com o botão "RST" (Rotate/Strech/Translate), que se encontra no menu options da janela GCP, pode se definir o método pelo qual é calculado o erro RMS: com RST habilitado é aplicado um simples modelo de rotação, escalonamento e transferência, e é preciso

apenas três coordenadas para calcular o erro RMS; no caso de RST "No" é preciso de no mínimo quatro pontos para que seja calculada a transformação de primeiro grau polinomial (o grau pode ser definido no campo "Degree"). A nova posição do pixel transformado, em coordenadas de pixel, aparece entre os quatros parênteses, assim como o erro RMS absoluto (em pixel) nos parênteses finais. Para transformações polinomiais do primeiro grau, existe a opção de escolha do cálculo de erro baseada no método RST. O botão "On/Off" possibilita a **inclusão ou exclusão** de pontos de registro no cálculo da correção.

Erro RMS ("Root Mean Square Error")

O **erro médio quadrático** é uma medida do desvio dos valores calculados em relação aos valores originais. O erro RMS é estimado tomando-se uma amostra dos valores calculados e comparando-a com seus valores reais. As diferenças entre elas são então elevadas ao quadrado e somadas. A soma é então dividida pelo número de medidas, para que se obtenha a média cuja raiz quadrada fornece uma medida característica de erro na mesma unidade das medidas originais. O erro RMS é diretamente comparável ao conceito de desvio padrão.

$$RMS_{error} = [(x_1 - x_{org})^2 + (y_1 - y_{org})^2]^{1/2}$$

x_1 : Coordenada de linha calculada na imagem não-registrada

y_1 : Coordenada de coluna calculada na imagem não-registrada

x_{org} : Coordenada original de linha do GCP na imagem

y_{org} : Coordenada original de coluna do GCP na imagem

Selecionar um ponto de controle específico

Para mudar o centro da janela de ampliação para um ponto desejado, marca-se este ponto na lista dos pontos de controle e clica-se o botão "Goto", dentro da caixa "Image to Map GCP List", que se abre quando se clica no botão Show List. O centro da janela de ampliação movimenta-se automaticamente para posição do pixel selecionado.

Restaurar pontos de controle ("Restore GCP from ASCII")

Quando já existir um arquivo incluindo pontos de controle (extensão .pts), estes podem ser carregados por esta função. A caixa de diálogo do gerenciador dos arquivos aparece e o arquivo desejado pode ser escolhido. Esta opção encontra-se em "File – Restore GCP from ASCII", na janela GCP.

Editar um ponto de controle ("Edit")

Pode-se editar um ponto de controle clicando-se sobre a linha de valores que o descreve e clicando em Edit. Os novos valores podem ser assim digitados nas caixas de texto. Para gravar a nova coordenada, clica-se o botão "Update".

Mudar um ponto de controle ("Update")

Altera-se a posição de um ponto de controle na imagem colocando-se o cursor do "mouse" sobre a nova posição escolhida e clicando-se com o botão central. Em seguida, clique o botão "Update" para carregar as novas coordenadas na lista de pontos de

controle. Notar que a marcação, indicando o número do ponto de controle, modifica-se automaticamente para a nova posição e os valores de coordenadas atualizam-se imediatamente.

"On/Off" são botões que servem para incluir ou excluir os pontos de registro selecionados no cálculo de correção. O botão "Delete" exclui pontos selecionados do registro.

Localizando um ponto de controle ("Predict")

"Predict" é de grande ajuda durante o processo de seleção de pontos de controle. Tendo já identificados no mínimo 4 pontos no mapa e na imagem, e digitando as coordenadas do ponto desejado na caixa "Ground Control Points Selection", clica-se no botão "Predict". O cursor da janela de ampliação "Zoom" será posicionado perto do ponto real na imagem, acelerando muito o processo de identificação dos pontos de interesse para registro. O mesmo conceito pode ser aplicado para registro imagem-imagem.

Seleção de posições fracionárias do pixel

Para a execução do registro, podem ser selecionadas posições fracionárias na janela de ampliação. A fração disponível é proporcional ao fator de ampliação. Numa janela cujo fator de ampliação do zoom seja de 4, por exemplo, os pixels podem ser divididos em 4 sub-áreas; se o aumento for de 10 vezes, é possível definir um ponto a cada décimo de um pixel. Este tipo de posicionamento torna-se automaticamente disponível quando se faz o registro.

Registrar a imagem ("Options - Warp Displayed Band/Warp File")

Clique no botão "Options" e "Warp Displayed Band" (para registrar a banda visualizada) ou "Warp File" (para registrar todas as bandas do arquivo) depois da seleção e revisão dos pontos de controle para iniciar a transformação. A caixa de diálogo da transformação aparece (veja seção 1.3 deste capítulo).

1.2. Imagem para imagem

É utilizada quando já existe uma imagem georreferenciada da mesma área, como no caso das comparações multiespectrais ou a produção de uma imagem por sobreposição. Os modelos vetoriais podem ser usados também para o registro, como base da imagem referencial. Os passos de implementação dos pontos de controle são em várias pontos parecidos como esses para seleção dos pontos de controle apresentado na seção 1.1. Selecione, no menu principal, a opção "Mapa – Registro" e clique na opção "Selecionar pontos de controle: Imagem para Imagem".

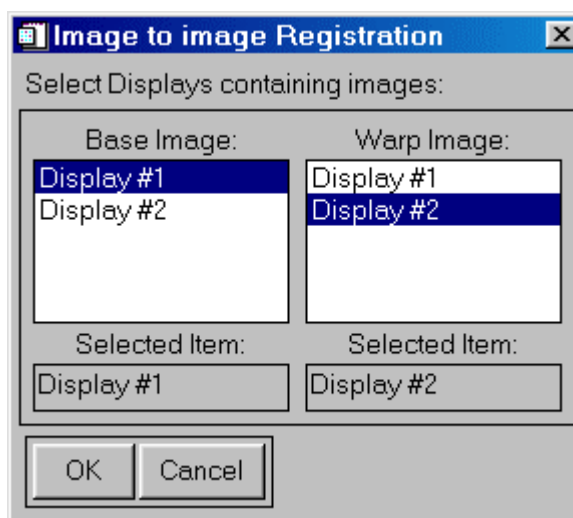


Figura D-3: Caixa de diálogo para registro de imagem para imagem

Aparece a caixa de diálogo para o registro de imagem para imagem (Figura acima).

O registro de imagem para imagem requer, no mínimo, duas imagens carregadas na lista das bandas disponíveis. Escolha a janela que mostra a imagem georreferenciada como imagem base ("base image") e a que contém a imagem original como imagem de transformação ("warp image").

Registro da Imagem de Transformação

No caso da imagem base ser georreferenciada aparece uma opção adicional no diálogo de registro "Options – Warp Displayed Band (as Image to Map)". Esta opção permite que a imagem transformada "herde" o georreferenciamento da imagem base, junto com a transformação.

Muitas vezes o registro Imagem-Imagem é o primeiro passo para a forma mais elegante de mosaicar imagens não-georreferenciadas. Para isso cria-se primeiro um pseudo-georreferenciamento, colocando valores arbitrárias nos campos de informação cartográfica numa das imagens ("Arquivo – Editar Cabeçalho de Arquivo ENVI – Selecionar Imagem – Edit Attributes – Map Info"). Num registro Imagem-Imagem aparecerá agora a opção "Options – Warp Displayed Band (as Image to Map)", que faz com que a segunda imagem também tenha o pseudo-georreferenciamento, possibilitando agora o automatismo do mosaico de imagens georreferenciadas.

Retificar com ponto de controles pré-definidos

Essa função serve para gerar uma imagem registrada a partir de pontos de controle já definidos anteriormente pelo usuário. Ele também pode ser feito através de "Imagem para Imagem" ou de "Imagem para Mapa".

- Selecione "Mapa – Registro – Retificar com Pontos de Controle Pré-Definidos: Imagem para Imagem" ou "Imagem para Mapa".
- Vai aparecer a caixa de diálogo GCP Filename, onde o usuário terá que escolher o arquivo em formato .PTS, que como já foi visto, é o arquivo em que se encontra os pontos de controle do registro.
- Escolha o arquivo, clique em OK e logo após aparecerá a caixa "Input Warp Image", onde o usuário escolherá a imagem Warp, que é a imagem que foi registrada.
- Depois de escolhida a imagem Warp, defina, em "Registration Parameters", o tipo de interpolação desejada, os parâmetros da imagem e o nome do arquivo de saída. Clique em OK e o resultado aparecerá na Lista de Bandas Disponíveis.

1.3. Opções para transformação e reamostragem

No momento em que os pontos de controle foram definidos, os métodos específicos para transformação e reamostragem podem ser escolhidos clicando-se em "options" e "Warp Image", na caixa de diálogo de seleção dos pontos de controle. Abre-se a caixa de parâmetros de registro (Figura ao lado).

Warp Method:

RST (Transformação RST)

A transformação RST efetua uma rotação, escalonamento e transferência simples de imagens.

Polynomial (Transformação polinomial)

Para aplicar a transformação polinomial, é necessária a determinação do grau do polinômio, que depende da quantidade dos pontos de controle selecionados.

Triangulation (Triangulação)

Esse método de transformação é usado quando a distribuição dos pontos de controle é irregular e são interpolados os triângulos entre os pontos de valores da superfície e o retículo de saída.

Resampling (Reamostragem):

Aqui define-se o método de reamostragem: Nearest Neighbor ("Vizinho mais próximo", indicado quando se quer ainda fazer uma análise espectral dos dados após a transformação), Bilinear (interpolação linear entre os pixels), ou Cubic Convolution (convolução cúbica), os dois últimos indicados quando a finalidade é bom acabamento visual.

Change Output Parameters (Modificar Parâmetros de Saída)

Recomenda-se sempre verificar os parâmetros de saída (clicando no botão "Change Output Parameters"), especialmente o tamanho previsto da imagem em metros (ou pixels, na transformação imagem-imagem). Nesta janela pode também ainda ser modificado o tamanho dos pixels em metros, e (o que normalmente não deveria ser necessário) os parâmetros da projeção cartográfica.

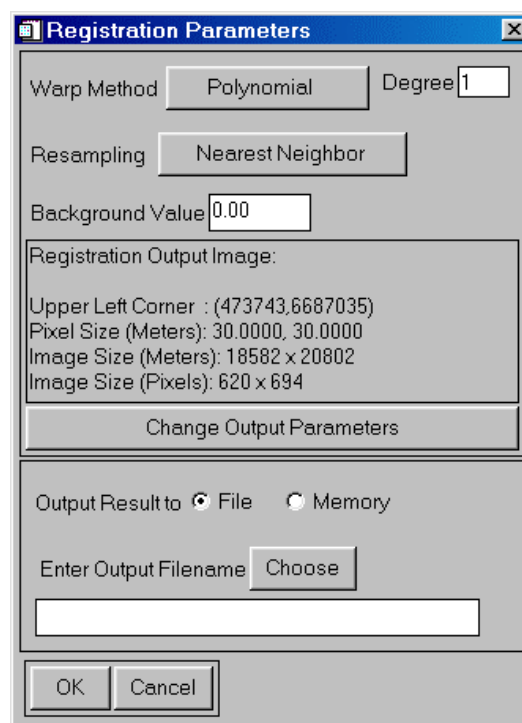


Figura D-4: Caixa de diálogo "Registration Parameters"

1.4. Dicas para agilizar o georreferenciamento de imagens

Em muitas vezes, o procedimento para georreferenciar imagens pode-se tornar um trabalho desgastante e oneroso. O ENVI, com suas ferramentas de georreferenciamento, facilita muito o trabalho do operador do programa. Para isso, basta seguir alguns procedimentos que veremos agora:

A melhor alternativa é o georreferenciamento “Imagem para Mapa”

Para obtermos um melhor resultado em georreferenciamento, convém sempre o usuário optar pelo procedimento de “Imagem para Mapa”. No procedimento de imagem para mapa, o usuário pode pegar dados vetoriais, mapas, e até de várias outras imagens, enquanto que no registro de imagem para imagem, o usuário fica restrito a georreferenciar uma imagem apenas usando uma como base. Como foi dito, com a opção de “Imagem para Mapa”, pode-se carregar vários arquivos vetoriais, e também várias imagens georreferenciadas para o georreferenciamento de uma imagem. Portanto, carregue no ENVI todos os dados que julgar necessário para georreferenciar a imagem (“n” imagens, “n” arquivos vetoriais...).

Os procedimentos para georreferenciar a partir de outra imagem georreferenciada ou um arquivo vetorial são similares mas com pequenas diferenças que serão explicadas a seguir:

1.4.1. Usando para o registro uma outra imagem georreferenciada...

- Visualize a imagem não georreferenciada no display 1;
- Visualize a imagem georreferenciada no display 2;
- Selecione, dentro do menu principal, a cadeia de comandos “Mapa – Registro – Selecionar Pontos de Controle: Imagem para Mapa”. Selecione o display 1, que contém a imagem a ser georreferenciada, também selecione a projeção desejada de saída e também o tamanho do pixel de saída;
- Depois selecione, dentro da imagem base (display 2), a cadeia de comandos “Ferramentas – Localizador de Pixels”. Aparece a janela “#n Pixel Locator”; Selecione, dentro dessa janela, “Options – Map Coordinates”. Selecione um ponto desejado na imagem base, clique, dentro da janela “#n Pixel Locator”, na opção “Export” que as coordenadas selecionadas na imagem aparecerão dentro da janela de GCP’s. Selecione o ponto correspondente na imagem a ser georreferenciada (warp) e clique em “Add Point” (importante seguir a sequência dos passos).

1.4.2. Usando para o registro uma base vetorial

- Utilizar os vetores também é fácil. Se a sua imagem já está previamente georreferenciada a partir dos dados efeméricos (a maioria das imagens já vem assim), é recomendável que se carregue os vetores dentro da própria imagem, já que ficará mais fácil a visualização de pontos estratégicos para o georreferenciamento, por exemplo, o cruzamento de uma estrada no vetor com o cruzamento de uma estrada na imagem. Os arquivos vetoriais podem ser carregados a partir da função do menu do display “Overlay –

Vetores” (veja Guia H-Vetores). **IMPORTANTE:** Na janela “#n Vector Parameters”, clique na opção “Off” para seguir o próximo passo;

- Depois selecione, dentro da imagem a ser georreferenciada (display 1), a cadeia de comandos “Ferramentas – Localizador de Pixels”. Aparece a janela “#n Pixel Locator”. Selecione, dentro dessa janela, “Options – Map Coordinates”. O passo tem que ser seguido rigorosamente na ordem (preferencialmente na janela de Zoom):

1 – Selecione o ponto desejado representado no vetor; 2 – Clique, dentro da janela do “Localizador de Pixels”, em “Export”; 3 – Selecione o ponto desejado representado na imagem; 4 – Clique em “Add Point”.

Para imagens sem georreferenciamento aproximado...

O usuário deverá carregar a base vetorial em uma nova janela de vetor (New Vector Window).

- Clique no ponto desejado dentro da janela vetorial, e depois, clique no botão “Export” da janela “#n Vector Parameters” que as coordenadas selecionadas na janela de vetor automaticamente irão para a janela de GCP’s.

IMPORTANTE: Não é preciso os dados usados para o georreferenciamento estar na mesma projeção de saída da imagem a ser georreferenciada. Por exemplo, se tivermos a situação de uma base vetorial em Gauss e o usuário quiser uma projeção UTM na imagem de saída, basta coletar o ponto no vetor, e quando o usuário clicar em “Export”, o ponto automaticamente será convertido para UTM na janela de GCP’s.

2. Mosaicos

Mais inovações.

A partir do ENVI 4.0 foram implementadas uma série de melhorias na ferramenta para construção de mosaicos “Mosaic Tool”. Dentre as modificações, podemos destacar: a possibilidade de executar o balanceamento automático de cores, minimizando as diferenças na visualização das imagens; visualização de imagens coloridas na pré-visualização do mosaico “preview display”, recurso para alterar a saída da projeção de mosaicos georreferenciados no processo de execução etc.

Algumas vezes, o trabalho com imagens de satélites requer que se juntem cenas diferentes em um só arquivo. Tornou-se possível a fusão (“feathering”) de limites de imagens por dissolução de bordas ou de linhas de corte. É possível, também, gravar e recuperar tabelas de mosaicagem. Dica.: Sempre recomenda-se o uso do mosaico com imagens georreferenciadas pela maior facilidade de juntar várias imagens. Como as vezes não há referência geográfica disponível, usa-se o “pseudo georreferenciamento” definindo “manualmente” os parâmetros geográficos através da cadeia de comandos “Arquivo – Editar Cabeçalho de Arquivo ENVI”, selecionando a imagem e definindo parâmetros arbitrários para a sessão “Map Info”.

2.1 Mosaicos baseados em pixels

- Para aplicar um mosaico de imagens não registradas, selecione no menu principal, "Ferramentas – Mosaico – Baseados em Pixels" ou senão selecione “Mapa – Mosaicar Imagens – Imagens Baseadas em Pixels”.
- Aparece a janela “Pixel Based Mosaic” , que é a janela onde o usuário irá manipular os parâmetros do mosaico.

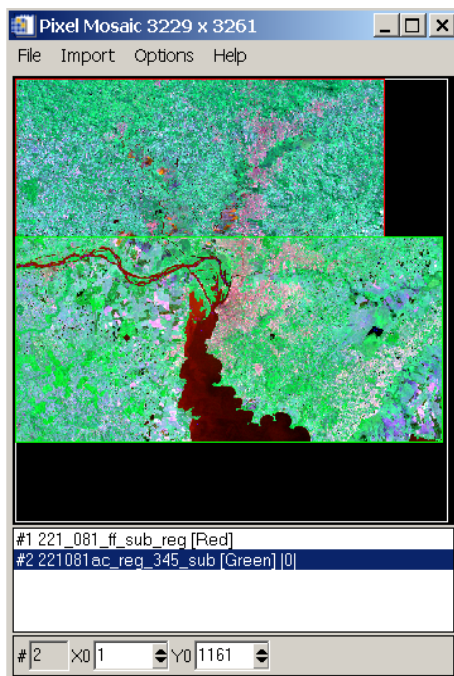


Figura D-5: Janela das operações do mosaico

- Selecione , dentro da janela “Pixel Based Mosaic” o submenu “Import -> Import Files ” ou “Import ->Import Files and Edit Properties”.
- A primeira opção importa o(s) arquivo(s) diretamente para a janela de visualização do mosaico sem a possibilidade de edição da ordem de importação.
- Ao selecionar a segunda opção você tem condições de editar a ordem de entrada das imagens (fator de transparência, mistura de pixels entre as bordas das imagens, posição do mosaico, etc.).
- Aparecerá a janela “Mosaic Input Files”, onde o usuário pode escolher as imagens a serem mosaicadas. Se for selecionada mais de uma imagem, selecione primeiramente uma, logo após a seleção do arquivo, segure a tecla Control, selecione o outro arquivo e clique em OK.
- Se for escolhida a opção “Import Files and Edit Properties” , aparecerá a caixa de diálogo “Entry : <Nome do arquivo> “ (Figura ao lado).

- Em “Data Value to Ignore”, coloque o valor do tom de cinza da imagem para que o software ignore e deixe na mesma cor de fundo do display da imagem. Entretanto recomenda-se que não se mexa nessa opção, a não ser que o usuário tenha uma função específica para o mosaico na qual se deseja eliminar um certo valor de tonalidade.
- Em Feathering Distance (pixels)”, entre com o número de pixels desejado para se fazer o “feathering”. O “feathering” é o que pode se chamar de “efeito de esmaecimento” entre as imagens do mosaico (Imagem logo abaixo). Note na figura o que acontece entre as duas imagens, uma se sobrepõe a outra suavemente (Fig. D8).
- Em “Cutline Feathering (pixels)” é usada uma polyline criada em annotation, e é ela que vai definir a região de esmaecimento. Logicamente, a “Cutline”, que é a polyline criada pelo usuário, deve ser criada em uma região na imagem onde há sobreposição entre as imagens do mosaico.
- No campo “Mosaic Display” você tem a opção de selecionar o modo de visualização colorido “RGB” (podendo selecionar a composição desejada) ou em tons de cinza “Gray Scale”.
- Você ainda pode definir o fator percentual para o realce linear e em “Color Balancing”, executar o balanceamento de cores.
- Clicando em OK, aparecerá a caixa de diálogo “Select Mosaic Size” (Fig. D7) que serve para definir o tamanho desejado para a imagem de saída, em pixels. Clicando em “OK”, o resultado aparecerá na janela “Pixel Mosaic”. Relembrando, se for escolhida a opção “Import->Import Files”, a janela “Entry Parameters” não aparecerá. Mas se o usuário desejar acrescentar um “Edge Feathering”, ou alguma das opções que se encontrava na janela “Entry Parameters”, basta clicar com o botão direito do mouse sobre a imagem, dentro da janela de operações do mosaico, e no menu de atalho que surge, selecione “Edit Entry”.

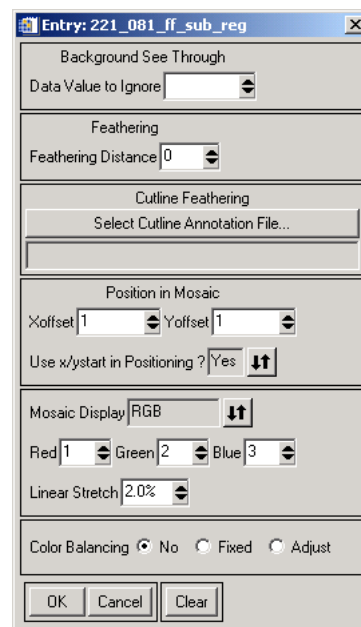
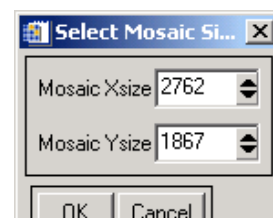


Figura D-6: Caixa de diálogo “Entry Parameters”



**Determinação da Dimensão do Mosaico
Figura D7**

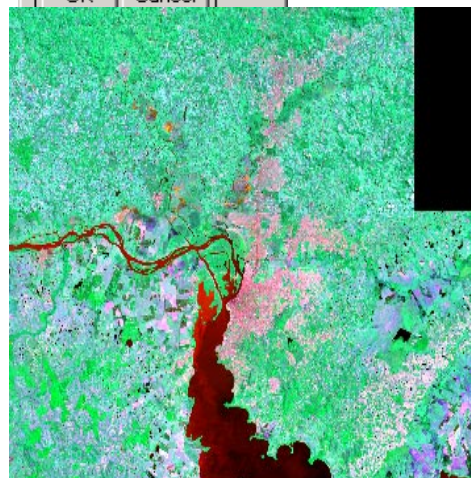


Figura D-8: Edge Feathering

Posicionar as imagens de entrada

Você pode definir as coordenadas, em pixels, do canto superior esquerdo na caixa "Entry Parameters" em "Xoffset /Yoffset" ou nos campos da janela "Pixel Mosaic" indicados por "X0" e "Y0" (*defina os valores e tecla Enter*). O padrão para as coordenadas do canto superior esquerdo é sempre (1,1). O número da imagem selecionada aparece na caixa de texto, à direita do símbolo "#". É possível também posicionar as imagens por um clique do "mouse" no limite colorido da imagem e arrasta-la para posição desejada.

Executando o balanceamento automático de cores

A partir do ENVI 4.0 é possível executar o balanceamento de cores de imagens que apresentam contrastes diferentes. O uso do "Color Balancing Images" aplica-se para a compatibilização da estatística do histograma de uma determinada imagem com outra(s) imagem(s) as quais desejamos que assumam o mesmo padrão de cor da imagem fixada. O processo estatístico de ajuste de cor pode ser obtido considerando tanto a área que cobre todo o mosaico de imagens como também, somente, a área correspondente a sobreposição das imagens no mosaico.

O procedimento de execução do ajuste de cores é bem simples.

Após importar as imagens para dentro da janela de pré-visualização do mosaico "preview display" siga as seguintes recomendações:

- Clique com o botão direito do mouse sobre a imagem que você deseja fixar o padrão de cor e selecione "Edit Entry" no menu de atalho que surge;
- Na parte inferior da caixa de diálogo "Entry Parameters" em "Color Balancing" selecione o botão "Fixed" para fixar a imagem que servirá como base para o cálculo estatístico do balanceamento de cor e clique em "ok".
- Para ajustar a cor da(s) imagem(s) segundo o padrão de cor fixado no passo anterior, clique com o botão direito sobre a(s) imagem(s) a serem ajustadas selecionando, novamente "Edit Entry". Em "Color Balancing" selecione o botão "Adjust" e clique em "Ok";
- Finalmente, selecione ->File->Apply (armazene na memória ou disco). O arquivo criado, automaticamente, surgirá na caixa de listagem de bandas disponíveis "Available Bands List" bastando, apenas, carregá-lo para a janela de visualização clicando no botão "Load RGB".

2.2. Mosaicos baseados em imagens georreferenciadas

Para a mosaicagem de imagens com diferentes resoluções espaciais, devem estar georreferenciadas. As imagens sem referenciais cartográficos serão justapostas de acordo com as posições dos pixels, sem considerar as dimensões destes.

Para as imagens georreferenciadas, o sistema ajusta o tamanho do pixel de saída aquele do pixel da imagem de mais alta resolução e reamostra, automaticamente, as imagens de resolução mais baixa para adequá-las à mosaicagem. Os métodos de reamostragem são o do vizinho-mais-próximo, o da interpolação bilinear e o de convolução cúbica.

Uma diferença que o usuário pode notar na janela de operações “Map Based Mosaic” é que o menu options dispõe de menos opções do que o “Pixel Based Mosaic”, isso se deve ao fato de a imagem já estar georreferenciada e portanto, precisar de menos operações para se chegar no resultado final.

- Selecione “Mapa – Mosaicar Imagens – Imagens Georreferenciadas”
- Aparecendo a caixa de diálogo “Map Based Mosaic”, selecione as imagens georreferenciadas do mesmo modo de como foi selecionado as imagens baseadas em pixels.

O procedimento daqui por diante é o mesmo para as imagens baseadas em pixel.

2.3. Aplicando o mosaico

Depois de feito todos os ajustes no mosaico, é preciso aplicar essas operações e visualizar na janela principal. Para isso, deve ser feito alguns procedimentos listados abaixo:

- Selecione, dentro da janela de operações do mosaico, a opção “File – Apply” e o mosaico criado na janela vai ser salvo e logo após aparecerá na lista de bandas disponíveis.
- Selecionando “File – Save Template”, vai ser criado um arquivo Template do mosaico, em extensão .mos e que também poderá ser visualizado na lista de bandas disponíveis. Esse procedimento é adequado para visualizar o mosaico antes de criá-lo, já que criando um template o tempo de processamento é bem menor.
- Em “File – Restore Template”, poderá ser restaurado um arquivo template do mosaico “.mos” criado anteriormente.

Determinar o tamanho de mosaico

Para construir um mosaico baseado em pixels, o usuário pode digitar, se necessário, o tamanho desejado da imagem de saída, em pixels, nas caixas de texto indicadas com “X Size” e “Y Size”. Digite as dimensões, em pixels, para o tamanho de imagem de saída.

Posicionar as imagens de entrada

Digitar as coordenadas, em pixels, do canto superior esquerdo nas caixas de texto indicadas por “X0” e “Y0”. O padrão para as coordenadas do canto superior esquerdo é sempre 1,1. O número da imagem selecionada aparece na caixa de texto à direita do símbolo #. É possível também posicionar as imagens por um clique do “mouse” no limite colorido da imagem e arrastar a imagem escolhida para posição desejada.

Fator "snap"

O fator "snap" possibilita o posicionamento em passos exatos das imagens. Por exemplo, o fator 5 causa um "snap" de 5 pixels entre as duas imagens. Um "snap" de 1 vai causar um posicionamento sem "snap".

Percolação

É utilizada para carregar uma imagem em cima de outras imagens.

Clique no botão "Apply" para aplicar as coordenadas escolhidas para o mosaico.

A nova imagem aparece automaticamente na lista das bandas disponíveis.

2.4. Ajuste de Histogramas

Para se fazer mosaicos, o ajuste de histogramas é um passo fundamental para a qualidade do mesmo. O ajuste de histogramas é um passo anterior à criação dos mosaicos. Primeiramente vem o georreferenciamento, depois o ajuste de histograma, e só depois o mosaico das imagens.

Visualize uma imagem A no display 1.

Visualize outro arquivo (imagem B), que tenha área de superposição com a imagem A, no display 2. Se for o caso de uma composição colorida, carregue as duas imagens com a mesma composição.

Se visualizarmos as curvas de histograma de uma imagem (no menu da janela gráfica, em "Realce - Realce interativo"), notaremos que cada imagem tem um histograma próprio, ou seja, uma curva é diferente da outra. O ajuste de histograma iguala a curva do histograma de uma imagem usando a curva de outra como base. É fundamental que os histogramas são originados da mesma área (área de sobreposição).

Faça um "link" entre a imagem A e B, em uma região que se queira igualar o histograma.

"Zere" o histograma das duas imagens, utilizando, dentro do menu do display, a cadeia de comandos "Realce - [Imagem] Linear 0-255". (NOTA= Use essa opção se a imagem for em Byte).

Dentro do menu do display 2 (imagem B), acesse a cadeia de comandos "Realce - Ajuste de Histograma".

Aparecendo a janela "Histogram Matching Inp...", escolha a opção "Image". Clique em OK.

A imagem B receberá a curva de histograma da imagem A. Salve a imagem B, com o histograma aplicado, através do menu do display, utilizando a cadeia de comandos "Arquivo - Salvar Imagem Como - Arquivo de Imagem..."

Observação: Recomenda-se que a imagem que recebeu o histograma (no nosso caso, a imagem B) seja colocado por baixo no mosaico (importar ela como primeira imagem na ferramenta de mosaico).

3. Ortocorreção (ou Ortorectificação)

O uso das fotografias aéreas sempre foram úteis para a extração de dados terrestres, sejam esses dados aplicados em qualquer área, como a Cartografia, Urbanismo, Geografia, Geologia, Ecologia, enfim, muitas áreas de estudo ligadas as ciências da terra. Em uma aerofoto é possível obter detalhes que não encontramos atualmente nas imagens de satélite, e através disso faz-se estudos em uma determinada região, logicamente, com um recobrimento menor do que uma imagem de sensor. As fotografias aéreas podem vir no formato colorido ou preto e branco, existindo até câmaras nos dias de hoje que captam as ondas no infravermelho, com isso podemos ter fotos em falsa cor, como nas imagens de satélite. Mas esse procedimento é bastante caro e é usado somente para aplicações muito específicas. Mesmo com essas tecnologias de captura das ondas no infravermelho para a obtenção de fotos aéreas, as fotos em preto-e-branco são as mais utilizadas.

Em se tratando de fotografias aéreas ou até mesmo de alguns sensores, como o francês SPOT, é necessário que, antes de se trabalhar com esses dados, se faça uma ortorectificação nessas imagens, já que elas possuem distorção radial, ou seja, na região do centro da imagem o efeito de distorção é quase zero, e esta distorção aumenta radialmente, nas bordas da imagem. Essa distorção radial acontece devido ao fato de o centro de perspectiva da imagem não se encontrar no infinito, então a projeção em que se adquire esses dados é cônica. Na verdade, qualquer tipo de imagem sofre esse tipo de distorção, até mesmo as imagens Landsat, NOAA, Modis, entre outras, entretanto a altura da órbita desses sensores é realmente muito alta em comparação com o campo de visada, portanto podemos desprezar o efeito da distorção radiométrica e considerarmos o centro de perspectiva no infinito. Já o sensor SPOT, pela altura da órbita e pelo campo de visada, também se poderia desprezar esse tipo de efeito, mas temos que considerar que sensores como o SPOT não capturam a cena somente no Nadir, como o Landsat, então é preciso fazer uma ortorectificação na imagem. Enfim, a ortocorreção serve para corrigir todos esses efeitos, bastando ter os parâmetros necessários para a sua devida transformação.

3.1. Ortorectificação de fotografias aéreas

3.1.1. Criar orientação interna

Use esta função para construir a orientação interna da aerofoto, fornecendo parâmetros da câmara e relacionando com as marcas fiduciais e distância focal, enfim, como diz o nome, aqui o usuário trabalha com os parâmetros internos da foto.

- Abra no display da janela gráfica uma aerofoto em formato digital.
- Selecione a cadeia de comandos “Mapa – Ortocorreção – Aerofotos: Criar Orientação Interna”, se estiver aberto mais de um display, selecione o número do display em que se encontra a fotografia aérea.

- Aparecendo a caixa de diálogo “Ortho Build Interior Orientation” , clique com o mouse esquerdo na janela do zoom na posição da marca fiducial na imagem. No campo que diz “Fiducial X” e “Fiducial Y” , forneça, em milímetros (mm) , a posição da marca fiducial na câmara correspondente ao ponto que foi coletado na imagem com o mouse. Esses parâmetros da marca fiducial deve ser obtido diretamente da câmara em que foi tirada as aerofotos.
- Clique em Add Point e repita o procedimento até ter no mínimo 3 pontos.
- Depois de selecionado os pontos desejados, selecione, dentro da janela “Ortho Build Interior Orientation” , o submeu “Options – Build Interior Orientation...” , e a janela “Output Ortho Parâmetros” aparecerá. No campo “Focal Length” , entre com a distância focal da câmara, também em milímetros (mm) e, selecione um diretório e dê um nome para o arquivo de saída em “Ortho Parâmetros Filename”. Clique em OK e será gerado o arquivo .ort , que será usado para gerar a ortofoto posteriormente.

3.1.2. Criar orientação externa

Após criada a orientação interna da aerofoto, com os parâmetros de marca fiduciais, distância focal, enfim, os parâmetros da câmara, o usuário deverá se preocupar agora em entrar com os parâmetros externos da aerofoto, ou seja, associar os pontos da aerofoto com coordenadas e elevação dos pontos da foto. O processo da criação da orientação externa é o segundo passo para se gerar a ortofoto. Para fazer esse tipo de trabalho, deve-se ter um mapa da região fotografada, ou pontos de controle coletados na área fotografada através de um GPS, teodolito ou estação total para fornecer esses pontos para a orientação externa da imagem.

- Selecione, dentro do menu principal, a cadeia de comandos “Mapa – Ortocorreção – Aerofotos: Criar Orientação Externa” .
- Aparecerá a caixa de diálogo “Exterior Orientation Projection” . Selecione a projeção em que a ortofoto deverá estar associada, entre com o Datum, zona (se necessário), unidades de medida e clique em OK.
- Aparece a janela “Ortho: Build Exterior Orientation” . Dê um clique na imagem e digite a sua correspondente coordenada no terreno e a elevação (altitude) do ponto escolhido.
- Pegue um considerável número de pontos e depois de feito isso, selecione, dentro da janela da orientação externa, o menu “ Options” . Selecione a primeira opção, que é “Build Exterior Orientation”. Vai aparecer a janela “Enter Ortho Parameters Filename” . Selecione o arquivo .ort que foi gerado no primeiro passo da ortocorreção e clique em Abrir.

Agora, o arquivo .ort foi alterado , nele foi inserido os parâmetros da orientação externa da aerofoto. O usuário pode facilmente visualizar esse arquivo através do bloco de notas do Windows ou um editor qualquer do Linux, Unix ou Macintosh . Abrindo esse arquivo, o usuário verá todos os parâmetros que foram gerados através dos procedimentos Na orientação interna, o ENVI faz uma transformação afim e calcula os seis parâmetros da

transformação. Na orientação externa, o ENVI vale-se dos parâmetros externos para a geração da orientação exterior; Detalhes do procedimento de ortorretificação encontra-se em livros de Fotogrametria.

3.1.3. Ortorretificando Aerofotos

Depois de feito, na ordem, a orientação interna e a orientação externa da aerofoto, o próximo passo é agora gerar a ortofoto, que é a foto que possui ponto de vista no infinito, ou seja, não possui distorção radial.

Selecione no menu principal “Mapa – Ortocorreção – Ortorretificar Aerofotos”;

Selecione primeiramente o arquivo onde se encontra a aerofoto, clique em OK. Aparece a janela “Input DEM Band” para selecionar o arquivo com o MDT (DEM);

Selecione os arquivos com os parâmetros de orientação interna e externa que foram criados anteriormente;

Quando surgir a janela “Orthorectification Bounds”, entre diretamente com o valor mínimo de elevação de seu DEM ou use uma das opções para o cálculo automático. Logo após, clique em “ok”;

Na janela “Orthorectification Parameters”, defina o valor de pixels ausentes (missing value) para áreas que não contém dados de altimetria. Defina o valor de fundo “background”, que em geral é zero (0) usado para preencher áreas sem dados na imagem de saída;

Em “Change Output Parameters” o usuário pode configurar a projeção de saída, o tamanho do pixel e o tamanho da imagem antes de executar a correção.

3.2 Novos recursos para a ortorretificação de imagens

A partir da versão 4.0 o ENVI além de executar a ortorretificação de fotografias aéreas adquiridas através de câmaras métricas, assim como a ortorretificação de imagens SPOT (a partir do SPOT 4), apresenta inovações para a ortorretificação de imagens Ikonos e QuickBird. Nos dois primeiros tipos de ortorretificação (anterior a versão 4.0) o procedimento solicita um modelo de elevação digital (DEM) e uma grade de pontos de controle (GCPs) que informa os valores de x, y e z (elevação). Já na ferramenta de ortorretificação de imagens IKONOS e QuickBird apresentada pelo ENVI 4.0 é solicitado um modelo RPC (Rational Polynomial Coefficient) que é fornecido pelas empresas que comercializam imagens de satélite (Space Imaging, DigitalGlobe, etc.). A ferramenta RPC não solicita DEM (ainda que você possa usa-lo afim de obter melhor acurácia) e nem dados GCPs.

3.3 Ortorretificando Imagem IKONOS

1. Primeiramente, carregue a imagem Ikonos no sistema de janelas de visualização de Imagens do ENVI;

2. Caso você disponha de um DEM associado a imagem carregue-o também. Lembre-se que não é necessário dispor de um DEM para ortorretificar imagens IKONOS, entretanto o uso desta informação poderá refinar a ortorretificação.
3. Acesse no menu principal ->Mapa->Ortorretificação->Ortorretificar imagem IKONOS;
4. selecione o arquivo de imagem a ser ortorretificado e clique em "OK";
5. Logo em seguida aparecerá a caixa de diálogo de entrada dos parâmetros de ortorretificação (figura D9) ;
- 6 Defina os parâmetros de ortorretificação dos seguintes campos listados abaixo:

“Image resampling” - Você deve determinar o método de reamostragem dos pixels da imagem IKONOS. Há três métodos: "Bilinear" que é assumido como "default" proporcionando uma boa apresentação visual, "Cubic Convolution" que apresenta maior suavidade na visualização e "Nearest Neighbor" que pode apresentar algum "ruído" na visualização, porém é o método que você deve assumir caso queira executar análises sobre a imagem ortorretificada;

“Background” - Defina o valor do fundo, referente aos pixels que não pertencem a imagem ortorretificada. você pode manter o valor "0" para o fundo na cor preta;

“Input Height” - Nesse campo você pode especificar um DEM ou fixar uma valor de elevação que será usado em toda a imagem. Selecione o DEM caso disponha, pois você pode obter resultados mais apurados em relação à acurácia;

“DEM Resampling” - Defina o método reamostragem que será usado para determinar os valores de pixel numa versão da imagem de elevação calculada internamente que apresenta a mesma orientação e tamanho de pixel da imagem IKONOS.

“Geoid Offset” - representa a variação Geoidal na posição da imagem. Muitas imagens de elevação fornecem informações com respeito a elevação sobre o nível médio dos mares para cada pixel. A ortorretificação, entretanto, requer dados referentes aos valores da altitude em relação ao elipsóide para cada pixel. Para converter os valores de altitude do DEM referente ao nível médio dos mares para a altitude referente ao elipsóide você deve adicionar o valor da variação geoidal no DEM. Assim a adição de um valor equivalente -35 significa que o elipsóide encontra-se aproximadamente a 35 m acima do geóide.

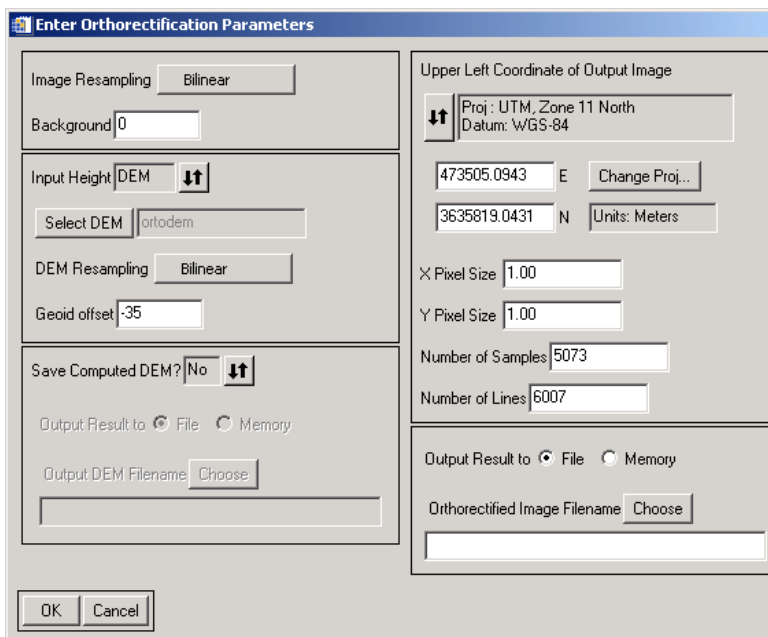


Figura D9 – Parâmetros da ortorretificação

“Save Computed” DEM - Opte por armazenar ou não armazenar o DEM computado clicando no botão de alternância de funções (NO/Yes).

“Change Proj...” - acessando este botão você poderá mudar a projeção de saída da imagem ortorretificada caso desejar.

(X Pixel Size, Y Pixel Size) - Defina o tamanho do pixel de saída.

(number of samples, number of lines) - defina o número de linhas e colunas.

Output Result - opte por armazenar o resultado da imagem ortorretificada no disco ou na memória do seu equipamento.

Clique no botão "OK" para iniciar o processo de ortorretificação.

Obs.1: o processo de ortorretificação pode levar alguns minutos para ser finalizado, pois o tempo de execução esta diretamente relacionado com a configuração de sua máquina. Portanto, mantenha o seu equipamento atualizado para que suporte um grande volume de processamento de dados (imagens). Após o processamento o arquivo da imagem ortorretificada, automaticamente, aparecerá na caixa de lista de bandas disponíveis.

3.4 Examinando o resultado da ortorretificação

Verifique as diferenças existentes entre a imagem ortorretificada e a imagem sem ortorretificação carregando-as no "Display" cada uma e acionando no menu do display a seguinte seqüência de comandos: Tools->Link Displays-> Link (habilite o "link" das duas janelas de visualização).

Observe as diferenças geométricas (deslocamentos) entre as imagens resultante do processo de ortorretificação.

3.5 Ortorretificando Imagem QuickBird

O processo de ortorretificação para imagens QuickBird segue os mesmos passos de ortorretificação da imagem IKONOS, listada acima. A única exceção está no modo de acesso da função:

Acesse no menu principal a seguinte seqüência : Mapa->Ortorecorreção-> Ortorretificar imagem QuickBird. Logo em seguida siga os mesmos passos descritos acima aplicados a imagem IKONOS.

4. Outras funções do menu Mapa

4.1. Conversor de coordenadas

O conversor de coordenadas é uma ferramenta de conversão de coordenadas. O usuário entra com as coordenadas + um sistema de referência e o resultado é convertido, automaticamente, para outro sistema de coordenadas previamente fornecido.

- Selecione, no menu principal, a cadeia de comandos "Mapa – Converter Coordenadas Geográficas".
- Aparecerá a caixa de diálogo "Map Coordinate Converter" (Figura ao lado).
- Na parte da janela, mais acima, onde está escrito "First Coordinate", entre com o valor da coordenada a ser convertida.

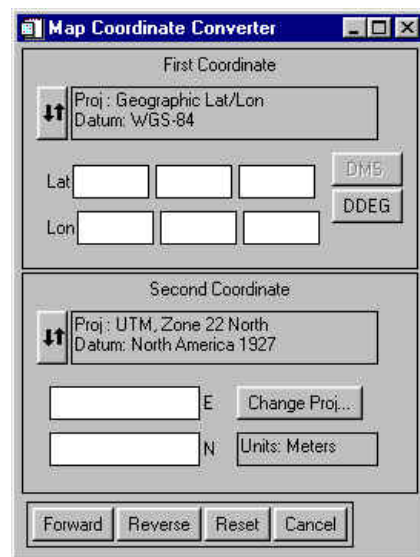


Figura D-10: Conversor de Coordenadas

- Mais abaixo, onde está escrito "Second Coordinate", é o campo em que aparecerá o resultado da coordenada convertida. Para converter a coordenada, é só clicar no botão "Forward". Clicando no botão "Reverse", ele vai zerar automaticamente as coordenadas inseridas no campo de cima. Clicando no botão "Reset", ele vai deixar todos os campos da janela em branco. Note que nas flechas ao lado de onde se informa os dados de projeção e Datum basta o usuário dar um clique e escolher se ele quer as coordenadas em Lat/Long ou em E/N.

4.2. Definindo a projeção cartográfica

Através dessa função, é possível trabalhar com os "datums" que estão no banco e dados do ENVI, assim como manipulá-los e também adicionar novas projeções cartográficas.

- Selecione, no menu principal, a cadeia de comandos "Mapa - Definir Projeção Cartográfica". Aparece a caixa de diálogo "Customized Map Projection Definition", que é a caixa de diálogo onde será exibida todos os parâmetros da projeção.
- Em "Project – Load Existing Projection", é carregada as projeções existentes no ENVI, o usuário escolhe a projeção desejada e aparece os resultados de fator de escala, origem e falso este e falso norte.

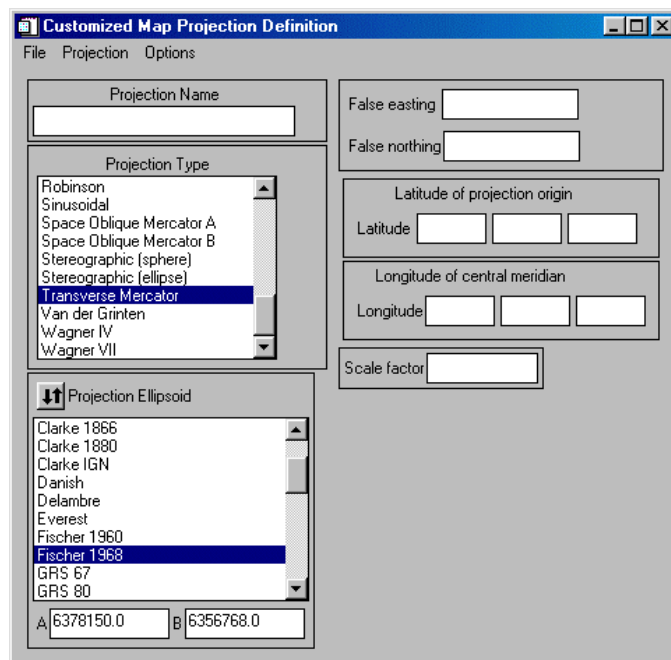


Figura D-11: Definição customizada da projeção cartográfica

- Em “Project – Add New Projection” o usuário pode definir uma nova projeção, desde que sejam fornecidos os parâmetros pedidos.
- Em “File – Save Projections” é aonde o usuário deve salvar a projeção definida manualmente.

4.3. Conversão de coordenadas em arquivo ASCII

Tornou-se possível a conversão de arquivos ASCII de coordenadas de um sistema de projeção para outro, levando-se em conta os deslocamentos ("shifts") entre "datums". O arquivo de entrada pode ter duas ou três colunas correspondentes a latitude, longitude e elevação ou a coordenadas norte, coordenadas leste e elevação. Escolhe-se um arquivo de saída e os sistemas de coordenadas de entrada e de saída.

- Selecione, no menu principal, a cadeia de comandos "Mapa – Conversão de Coordenadas ASCII".

5. Para Entender Melhor: Correção Geométrica

Para se cartografar as informações incluídas nas imagens digitais de sensoriamento remoto, é necessário tê-las ajustadas a um sistema de coordenadas padronizado. A transformação das imagens originais obedece às propriedades de escala e de projeção de um mapa, que assim é chamada de correção geométrica. A correção geométrica inclui dois passos de processamento:

- Transformação de coordenadas em pixels
- Resampling: para determinar o valor de pixel na imagem a ser registrada

5.1. Transformações Polinomiais

A transformação polinomial descreve matematicamente como a imagem não corrigida deveria ser transformada. O usuário pode escolher entre a 1ª até a 5ª ordem polinomial.

O número mínimo de GCP escolhidos depende da ordem aplicada:

GCP requeridos	Ordem
7	2ª
11	3ª
16	4ª
22	5ª

5.1.1. Transformação polinomial de 1ª ordem

Geralmente, as transformações polinomiais a partir da 1ª ordem são capazes de modelar uma rotação, escala e translação. O resultado de uma translação de primeira ordem depende principalmente do número de GCPs usados.

Vantagens	Desvantagens
Menor chance de distorções geométricas	Altera o valor original dos níveis de cinza
Computação rápida	Requer maior número de cálculos para determinar o valor de cada pixel da imagem corrigida (fator 3-4 em comparação ao método de vizinho mais próximo)
	Mais suave, menos informação geométrica !

- 1 GCP produz a translação somente para X e Y.
- 2 GCPs produzem uma translação e uma alteração da escala para X e Y no caso que geometria de pixel não é linear na dimensão X e Y. Se for linear (os dois tem a mesma coordenada de X e Y, que resulta em um fator de escala de zero), só a translação seria aplicada.
- 3 ou mais GCPs produzem a translação, a alteração de escala, e/ou a rotação para X e Y (full first order transformation)

5.1.2. Equações polinomiais

1ª ordem	$x' = a_0 + a_1x + a_2y$ Color	$y' = d_0 + d_1x + d_2y$
2ª ordem	$x' = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2$	$y' = y_0 + y_1x + y_2y + y_3xy + y_4x^2 + y_5y^2$
3ª ordem	$x' = c_0 + c_1x + c_2y + c_3xy + c_4x^2 + c_5y^2 + c_6x^2y + c_7xy^2 + c_8x^3 + c_9y^3$	$y' = h_0 + h_1x + h_2y + h_3xy + h_4x^2 + h_5y^2 + h_6x^2y + h_7xy^2 + h_8x^3 + h_9y^3$

x' e y' representam as coordenadas na imagem não corrigida gerado pelo sistema de matriz das coordenadas georreferenciadas (x , y).

5.2. Métodos de Resampling

Resampling é o processo, que envolve a interpolação dos valores de cinza das locações de pixels na imagem original não corrigida. O ENVI fornece vários métodos de interpolação:

5.2.1. Alocação de vizinho mais próximo ("nearest neighbor")

Vantagens	Desvantagens
Preservação dos níveis de cinza originais	Ocorrência de descontinuidades geométricas (lacunas da ordem de ½ pixel na imagem corrigida)
Implementação fácil	Inadequada para manipulação numérica
Processamento rápido	Imagem parece pouco estética

No método do vizinho próximo, todo pixel na imagem registrada recebe o nível de cinza do pixel mais próximo na imagem original. O nível cinza a ser atribuído ao pixel Z terá o mesmo nível cinza do pixel que se encontrar mais próximo da posição ocupada por Z.

5.2.2. Interpolação bilinear

Todo pixel na imagem registrada recebe o valor médio dos quatro pixels que lhe são mais próximos na imagem original.

Vantagens	Desvantagens
Maior precisão geométrica que (a)	Imagem mais suave com menos informação geométrica
Não se formam descontinuidades	Requer maior número de cálculos para determinar o valor de cada pixel da imagem corrigida
	Altera o valor original dos níveis de cinza
	Tempo de computação (fator 3-4 em comparação ao método de vizinho mais próximo)

5.2.3. Convolução cúbica ("cubic convolution")

Vantagens	Desvantagens
Não se formam descontinuidades	Degradação da qualidade radioelétrica dos dados.
Produz imagens com uma aparência bem mais 'natural'	Tempo de computação (fator 10 em comparação ao método de vizinho mais próximo)

O novo nível de cinza é definido como a combinação linear dos níveis dos 16 pixels envolvidos.

6. Para Entender Melhor: Projeções cartográficas

A projeção cartográfica é definida como o traçado sistemático de linhas numa superfície plana, destinado a representação de paralelos de latitude e meridianos de longitude da terra ou de parte dela.

6.1. Projeção azimutal

Projeção em que os azimutes ou direções de todas as linhas irradiadas do ponto central, ou pólo da projeção, são iguais aos azimutes ou direções das linhas correspondentes da esfera. As projeções azimutais são especialmente aplicadas para regiões de forma circular, como por exemplo os pólos.

6.1.1. Projeção estereográfica polar universal

Sinônimos: Universe Polar Stereographic (UPS)

Projeção azimutal polar conforme com uma escala constante de 0,994 e a direção do paralelo norte da quadrícula para o meridiano de Greenwich. Esta projeção procura manter um sistema uniforme de coordenadas plano-retangulares para as regiões não cobertas pelo sistema UTM.

UPS Grid Zone	Longitude Range	Latitude Range
A	180 W – 0 W	90 S – 80 S
B	0 E – 180 E	90 S – 80 S
Y	180 W – 0 W	84 N – 90 N
Z	0 E – 180 E	84 N – 90 N

As Zonas de Grid entre C e X (sem I ou O) existem, mas são válidos somente para a projeção UTM !

6.2. Projeção eqüidistante azimutal

Projeção, cuja qualidade principal é a eqüidistância a partir do centro, irradiada para qualquer direção.

6.2.1. Projeção cilíndrica

Projeção que se realiza mediante a projeção dos meridianos e paralelos geográficos num cilindro tangente (ou secante) a uma esfera, e após o desenvolvimento deste cilindro num plano.

6.2.2. Projeção cilíndrica conforme de Lambert

Sinônimos: Projeção Cilíndrica Transversa Conforme ou Projeção cilíndrica conforme de Lambert-Gauss.

A Projeção cilíndrica conforme de Lambert mostra a superfície do cilindro tangente à esfera num meridiano qualquer e cujos paralelos e meridianos são representados por linhas curvas cortando-se ortogonalmente.

6.2.3. Projeção cilíndrica de espaçamento igual

Projeção tangente a uma esfera, representando os meridianos geográficos, como uma série de linhas retas paralelas de igual espaçamento, perpendiculares a um segundo grupo de retas paralelas, de espaçamento igual, que representam os paralelos geográficos.

- Os espaços dos paralelos não precisam ser iguais aos dos meridianos !

6.2.4. Projeção cilíndrica equivalente

Sinônimo: Projeção Cilíndrica Equivalente de Lambert

Projeção tangente a uma esfera, representando os meridianos geográficos sob a forma de uma extensão de linhas retas paralelas de igual espaçamento, perpendiculares a uma segunda extensão de retas paralelas que representam os paralelos geográficos, e cujo espaçamento é concebido com a finalidade de construção duma projeção equivalente.

A condição de equivalência assegura uma relação constante entre as áreas do terreno e suas correspondentes no mapa.

- Não deve ser confundido com a projeção Mercator !

6.2.5. Projeção cilíndrica estereográfica

Esta projeção tangente mostra os pontos da esfera projetados de um ponto diametralmente oposto, sobre a tangência do cilindro.

6.3. Projeção UTM ("Universal Transverse Mercator")

Na Projeção UTM, os meridianos centrais são separados por 6° de longitude, sendo a terra dividida em 60 zonas. Em cada zona é idêntica, com um fator de cada padrão de 0,9996.

A projeção é concebida, usando-se as fórmulas de Gauss-Krüger, de uma origem formada pelo equador e o meridiano central da zona.

Apresenta a escala verdadeira ao longo dos meridianos de tangência. Os meridianos e os paralelos são linhas curvas que se cortam ortogonalmente.

False northing: 10.000.000 metros [hemisfério sul]

0 metros [hemisfério norte]

False Easting: 500.000 metros

6.3.1. Zonas de UTM

A projeção UTM divide a terra em 60 zonas UTM listadas a seguir. As zonas são determinadas em 6 graus longitudinais. O meridiano central encontrar-se no meio da zona UTM. O equador representa a referência para todas zonas.

Zona Intervalo Meridiano Zona Intervalo Meridiano
UTM da Zona Central UTM Zona Central

1 180W - 174W 177W 31 0E - 6E 3E

2 174W - 168W 171W 32 6E - 12E 9E

3 168W - 162W 165W 33 12E - 18E 15E

4 162W - 156W 159W 34 18E - 24E 21E

5 156W - 150W 153W 35 24E - 30E 27E

6 150W - 144W 147W 36 30E - 36E 33E
7 144W - 138W 141W 37 36E - 42E 39E
8 138W - 132W 135W 38 42E - 48E 45E
9 132W - 126W 129W 39 48E - 54E 51E
10 126W - 120W 123W 40 54E - 60E 57E
11 120W - 114W 117W 41 60E - 66E 63E
12 114W - 108W 111W 42 66E - 72E 69E
13 108W - 102W 105W 43 72E - 78E 75E
14 102W - 96W 99W 44 78E - 84E 81E
15 96W - 90W 93W 45 84E - 90E 87E
16 90W - 84W 87W 46 90E - 96E 93E
17 84W - 78W 81W 47 96E - 102E 99E
18 78W - 72W 75W 48 102E - 108E 105E
19 72W - 66W 69W 49 108E - 114E 111E
20 66W - 60W 63W 50 114E - 120E 117E
21 60W - 54W 57W 51 120E - 126E 123E
22 54W - 48W 51W 52 126E - 132E 129E
23 48W - 42W 45W 53 132E - 138E 135E
24 42W - 36W 39W 54 138E - 144E 141E
25 36W - 30W 33W 55 144E - 150E 147E
26 30W - 24W 27E 56 150E - 156E 153E
27 24W - 18W 21W 57 156E - 162E 159E
28 18W - 12W 15W 58 162E - 168E 165E
29 12W - 6W 9W 59 168E - 174E 171E
30 6W - 0E 3W 60 174E - 180W 177E

6.3.2. UTM Grid Zones

As zonas UTM dividem a terra em colunas de oeste para leste. Além disso, cada zona pode ser dividida em colunas de sul para norte.

Zonas de Intervalo Zonas de Intervalo

Grid UTM da Coluna Grid UTM da Coluna

C 80S - 72S N 0N - 8N

D 72S - 64S P 8N - 16N

E 64S - 56S Q 16N - 24N

F 56S - 48S R 24N - 32N

G 48S - 40S S 32N - 40N

H 40S - 32S T 40N - 48N

J 32S - 24S U 48N - 56N

K 24S - 16S V 56N - 64N

L 16S - 8S W 64N - 72N

M 8S - 0N X 72N - 84N

Note, que não existem as colunas I ou O.

Todas colunas são caracterizadas de uma extensão de 8 graus latitudinais !
Exceção: coluna X com 12 graus latitudinal.

As zonas de grid A, B, Y, e Z existem, mais não são válidas para a projeção UTM. Essas são usadas para regiões polares (A and B para o polo Sul; Y and Z para o Polo Norte na Projeção estereográfica polar (Universal Polar Stereographic - UPS).

6.4. Projeção cônica

Projeção resultante da projeção dos meridianos e paralelos geográficos num cone tangente (ou secante) à superfície da esfera, que em decorrência desenvolve um cone plano. As projeções cônicas se realizam mediante a projeção dos meridianos e paralelos geográficos num cilindro tangente (ou secante) a uma esfera, e após o desenvolvimento deste cilindro num plano.

Projeções cônicas são adequadas para a representação das áreas entre 30° e 60° ou para áreas com grandes extensões latitudinais.

6.4.1. Projeção cônica conforme de Lambert

Sinônimos: Projeção conforme de Lambert

Projeção em que todos os meridianos geográficos são representados por linhas retas que se encontram num ponto comum, fora dos limites do mapa, e em que os paralelos geográficos são representados por uma série de arcos de círculos que têm aquele ponto comum como centro. Os meridianos e os paralelos se cruzam em ângulos retos, e os ângulos na terra são representados corretamente na projeção. Esta projeção pode ter um paralelo-padrão ao longo do qual a escala permanece exata.

Em qualquer ponto do mapa a escala é a mesma em qualquer direção.

Modifica-se, entretanto, ao longo dos meridianos, porém é imutável ao longo dos paralelos. Quando houver dois paralelos padrão, a escala entre eles é pequena; acima deles é muito grande.

6.4.2. Projeção cônica eqüidistante

Esta projeção conserva os paralelos e os meridianos sem deformações, isto é, com a escala verdadeira, apresentando dois paralelos-padrão, sendo a projeção do pólo num arco de círculo.

6.4.3. Projeção cônica equivalente de Albers

Tipo de projeção em que os meridianos são linhas retas que se encontram num ponto comum além dos limites do mapa, e os paralelos são círculos concêntricos cujo centro se situa no ponto de convergência dos meridianos.

Os meridianos e paralelos se entre cruzam em *ângulos retos*, e os *arcos de longitude*, ao longo de quaisquer paralelos dados, *têm extensão igual*. Os paralelos são espaçados no sentido de conservar a condição de equivalência. Em dois paralelos escolhidos, os arcos de longitude são representados no seu verdadeiro comprimento. Entre os paralelos escolhidos, a escala, ao longo dos meridianos, é um pouquinho maior, e, além deles diminui bastante.