

CASA-F - Ferramenta para Obtenção e Seleção de Pontos de Controle por Casamento de Feições – Descrição e Resultados

João Camilo da Silva¹
Luciano Vieira Dutra²
Airton Prati¹
José Paulo Breda Destro¹

¹ Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial - CTA/IEAv
Caixa Postal 6044 - 12228-970 – São José dos Campos - SP, Brasil
{camilo, prati, destroy}@ieav.cta.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
dutra@dpi.inpe.br

Abstract. In this work, the research and development of a semi-automatic method based on graphic computation is described in order to acquire aerial or satellite images control points, by using matching techniques. The process, from the image edition and feature matching until image registration was developed and implemented. This makes possible the control point acquisition in an iterative manner, whether the results were satisfactory or not. The program performance was proved by the results inside this work, which are also analyzed.

Palavras-chave: Image processing, registration, feature matching, Processamento de imagens, registro, casamento de feições.

1. Introdução

Em muitas aplicações de processamento de imagens é necessário comparar múltiplas imagens da mesma cena adquiridas por diferentes sensores, ou imagens provenientes do mesmo sensor, mas adquiridas em épocas distintas. Essas imagens, entre si, podem apresentar relativa translação, rotação e escala, e outras transformações geométricas. O objetivo do registro de imagens é estabelecer a correspondência entre as mesmas e, determinar a transformação geométrica que alinhe uma imagem a outra, Li e Manjunath (1995) e Eugênio e Marqués (2003).

Através do registro de imagens é possível a análise multi-temporal, a combinação de imagens de diferentes sensores, a combinação de resolução espacial com espectral, a elaboração de mosaicos, a integração de uma imagem à base de dados existente num Sistema de Informação Geográfica (SIG) etc. A Figura 1 apresenta em linhas gerais as tarefas que integram o processo de registro de imagens e o enfoque do aplicativo apresentado neste trabalho.

A ferramenta para “Obtenção de Pontos de Controle por Casamento de Feições”, denominada CASA-F, auxilia o analista na obtenção de pontos de controle, a partir de feições que estão presentes tanto na imagem-base como na imagem-ajuste. Esta pode ser classificada como um Sistema de Registro de Imagens, ou ainda como uma ferramenta de apoio a outros sistemas de registro que estão disponíveis para a comunidade científica, v.g., ENVI (the Environment for Visualizing Images), ENVI (2004) entre outros.

Define-se como feição, estrutura saliente nas imagens e de fácil identificação visual pelo usuário. São exemplos de feições: regiões significativas (florestas, lagos e campos), linhas (contornos de regiões, linhas costeiras, estradas e rios) ou pontos (cantos de regiões, intersecções de linhas e pontos em curvas com alta curvatura), Zitová e Flusser (2003).

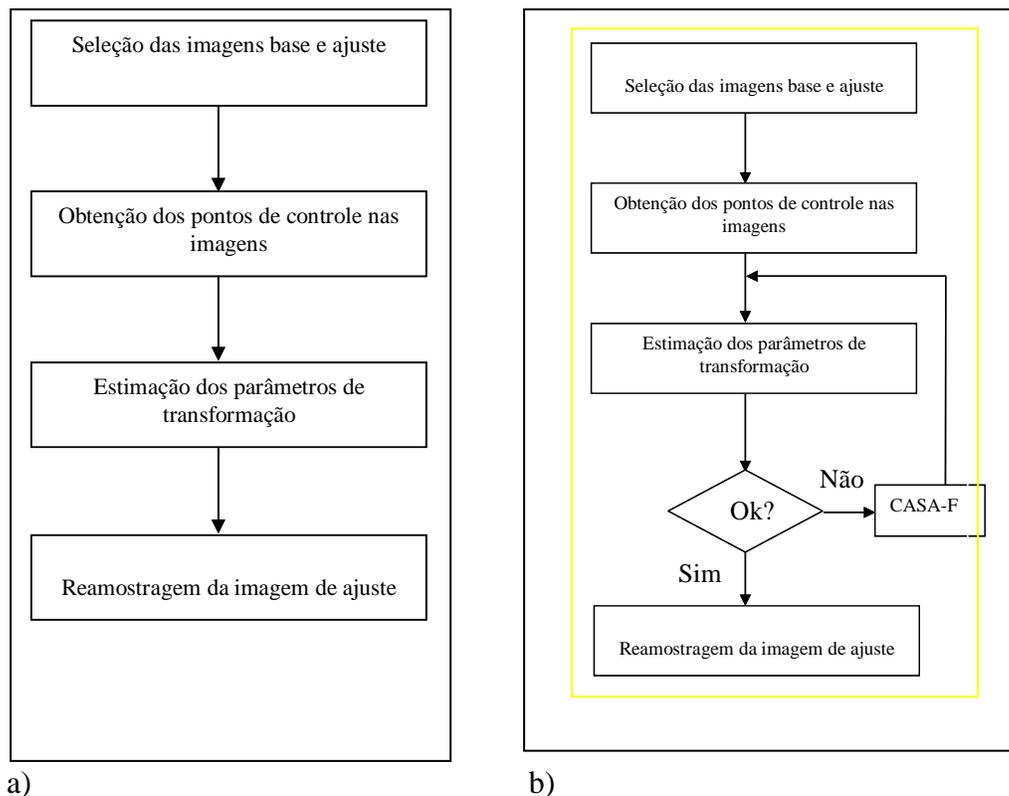


Figura 1. a) Etapas do registro de imagens, b) CASA-F como ferramenta e sistema.

2. Coleta de Pontos de Controle por Casamento de Feições

A coleta de pontos de controle é uma etapa primordial no registro de imagens que possibilita a determinação da transformação geométrica necessária para o alinhamento da imagem-base com a imagem-ajuste, Li e Manjunath (1995).

Cruzamento de rodovias, pontes e bifurcações são exemplos de pontos de controle que o analista procura nas imagens para a realização do processo de registro. Quando estes não existem em quantidade suficiente na imagem que está sendo analisada é necessário que estes sejam encontrados de outras formas, a obtenção de pontos de controle por casamento de feições vem ao encontro dessa necessidade.

A escolha de feições para obtenção de pontos de controle é uma forma interessante que pode ser aplicada no processo de registro de imagens. A seleção, extração, Dai e Khorram(1999) e casamento Dare e Dowman (2000) destas feições possibilitam a obtenção de pontos de controle em grande quantidade.

A obtenção de pontos de controle por casamento de feições realiza-se a partir de um conjunto de ferramentas. Para tanto, deve-se considerar toda a feição da imagem-base para justaposição na feição da imagem-ajuste, de maneira automática ou semi-automática.

Na CASA-F foram implementados três formas de obtenção de pontos de controle, o método Ponto a Ponto (PaP), forma clássica de obtenção de pontos de controle, o método Vetor sobre Imagem (VsI) e o método Imagem sobre Imagem (IsI).

O método Ponto a Ponto (PaP) consiste em adquirir um ponto na imagem-base e o seu correspondente na imagem-ajuste. À medida que os pontos são adquiridos o cálculo dos resíduos é realizado. O PaP é um método de obtenção de pontos de controle clássico disponível na maioria dos aplicativos que realizam o processo de registro de imagens.

O método Vetor sobre Imagem (VsI) consiste em adquirir feições de interesse através de uma ferramenta de desenho. Assim como em PaP é necessário adquirir uma feição na imagem-base e a sua correspondente na imagem-ajuste, mas a diferença significativa é que a feição desenhada sobre a imagem-base é importada para a imagem-ajuste. Após a importação, a mesma deve sofrer modificações para que se ajuste sobre a feição de interesse na imagem-ajuste. As modificações da feição são realizadas pelas ferramentas de translação, rotação e escala disponíveis. Feito o ajuste, o ponto central do retângulo envolvente da feição é utilizado como ponto de controle.

O método Imagem sobre Imagem (IsI) é semelhante ao anterior, com a diferença que agora estamos interessados em trechos de imagem. Através de um clique do mouse sobre, ou próximo, à feição de interesse, obtém-se um trecho de imagem de 100 x 100 pixels que, assim como a feição vetorial do método VsI deverá ser exportada para a imagem-ajuste e sofrer transformações de translação, rotação e escala para que a mesma se ajuste sobre a feição de interesse na imagem-ajuste. Assim como no método anterior, o ponto central do retângulo envolvente da feição é utilizado como ponto de controle.

As três formas de obtenção descritas acima disponibiliza para o usuário, após a coleta do segundo ponto de controle, a predição do próximo, diferentemente dos aplicativos disponíveis para a comunidade científica que só permite esta funcionalidade após a aquisição do terceiro ponto de controle.

3. Descrição da Ferramenta

A CASA-F é um aplicativo “stand-alone” implementado através da linguagem de programação C++ e desenvolvido no ambiente C++ Builder, Developer’s Guide (2002), permitindo a utilização de técnicas de programação orientadas a objeto, a eventos e a tradicional programação estruturada. A CASA-F oferece facilidade na manipulação de imagens e interfaces gráficas no ambiente “Windows”. O sistema é capaz de abrir e visualizar imagens em tons de cinza ou colorida.

O objetivo deste aplicativo é ilustrar a dinâmica de funcionamento da extração e casamento de feições. A partir de uma interface simples e sugestiva, a CASA-F é uma ferramenta para estudo e análise de pontos de controle para auxiliar a tarefa de registro de imagens. A Figura 2 mostra a interface principal do sistema que é formada por um painel de desenho interativo, opções de entrada, botões de acionamento rotulados e uma janela para escrita de mensagens de saída por parte do sistema. As principais funcionalidades são descritas a seguir.

O aplicativo oferece funcionalidades para desenho de feições a mão livre e transformação de escala, rotação e translação das feições desenhadas, importação e exportação de pontos de controle de e para outros sistemas que realizam o processo de registro de imagens.

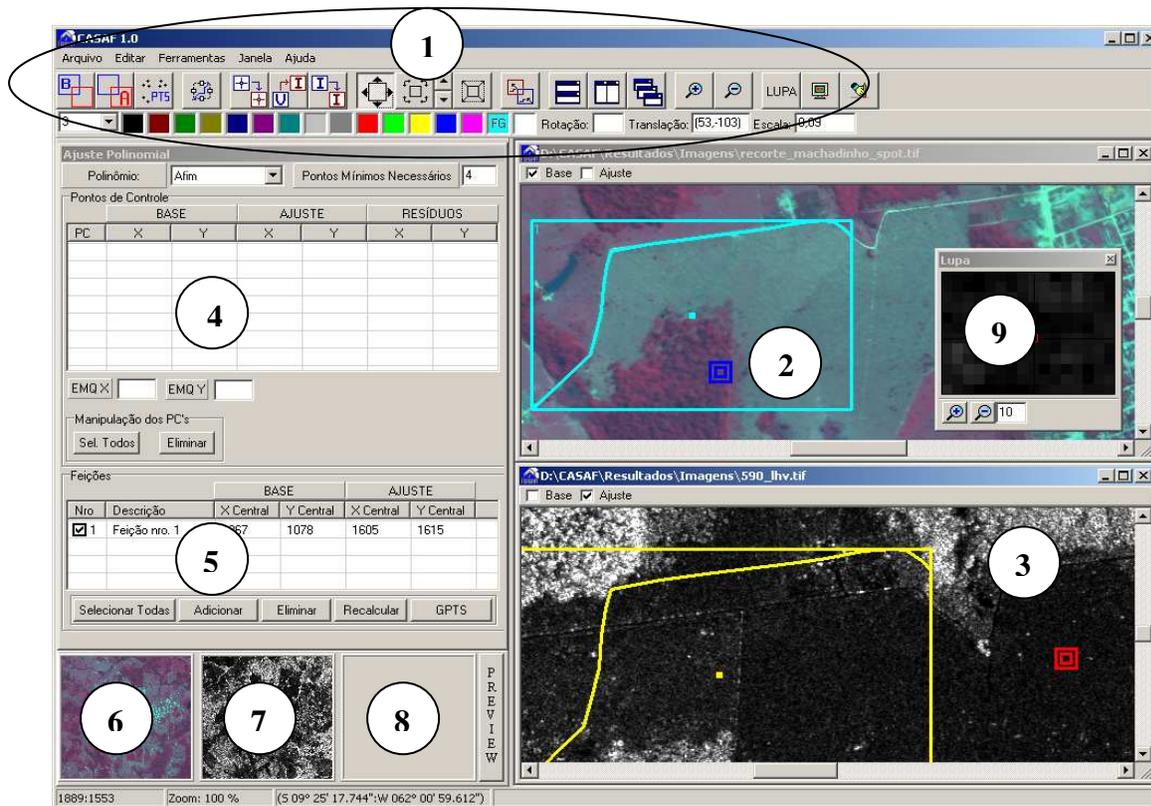


Figura 2. Interface da ferramenta CASA-F.

Os círculos desenhados sobre a interface, Figura 2, representam respectivamente:

1. Itens de menu e botões com as funções principais
2. Imagem-base carregada
3. Imagem-ajuste carregada
4. Lista de pontos de controle
5. Lista com os pontos centrais das feições adquiridas
6. Janela para deslocamento rápido da imagem-base
7. Janela para deslocamento rápido da imagem-ajuste
8. Janela para apresentação de um “preview” da aplicação do registro
9. Janela de zoom

Com estas funções é possível selecionar feições sobre a imagem-base e de forma semi-automática replicá-la na imagem-ajuste. A medida que transformações de rotação, translação e escala, selecionadas a partir do botões disponíveis na ferramenta são efetuadas, o cálculo da transformação geométrica da imagem-base para a imagem-ajuste é efetuado e apresentado na interface CASA-F.

O sistema trabalha com imagens no formato GEOTIFF, BMP, JPG, PCX, ou seja, com extensões .TIF, .BMP, .JPG e PCX.

4. Operacionalização do Método Vetor sobre Imagem (VsI)

Nas instruções a seguir, é ilustrado, passo a passo, a utilização do método VsI na obtenção de pontos de controle através de duas imagens do sensor RADARSAT.

1. Abrir a imagem que servirá de referência ou base (denominada imagem-base), e a imagem que servirá de ajuste (denominada imagem-ajuste), através dos botões exemplificados na Figura 3.

A ferramenta apresentará as janelas com as imagens carregadas, conforme ilustração ao lado.

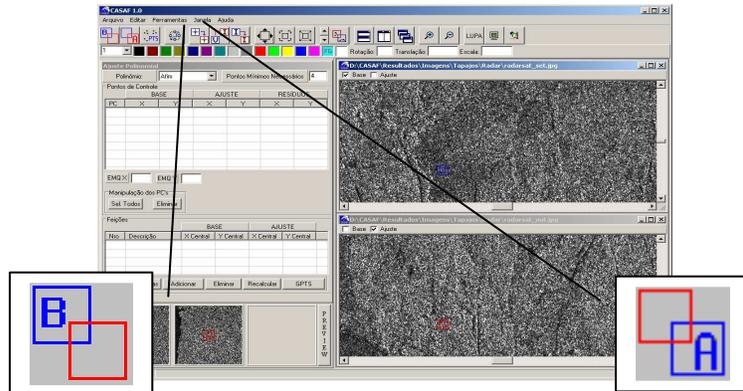


Figura 3. Passo 1

2. Selecionar o botão (Figura 4) para a ativação do método VsI.

3. Desenhar sobre a imagem-base uma feição desejada qualquer.

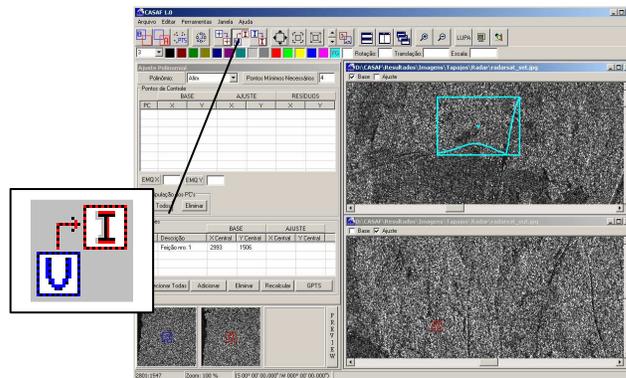


Figura 4. Passos 2 e 3

4. Importar a feição desenhada sobre a imagem-ajuste através do menu flutuante. O menu flutuante será apresentado através do botão direito do mouse (Figura 5).

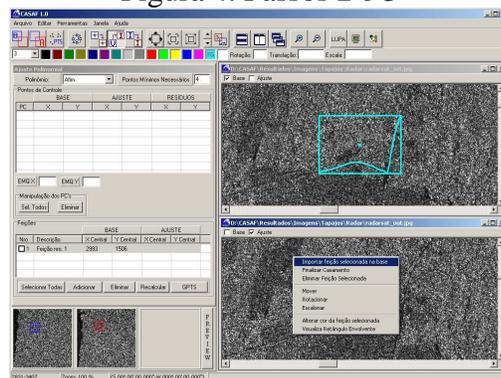


Figura 5. Passo 4

5. Realizar as operações se necessário, de translação, rotação e escala, na feição importada verificando, visualmente, o casamento da feição sobre a imagem-ajuste, como ilustrado nas figuras ao lado. Estas operações podem ser realizadas pelo teclado (teclas direcionais) ou pelo mouse.

6. Repetir os passos 3, 4 e 5 para a segunda feição desejada e adicionar os pontos centrais que descrevem as feições para a lista de pontos de controle utilizando o botão adicionar disponível na interface “Lista de feições”. A partir desta etapa a imagem-ajuste estará orientada em relação a imagem-base.

7. Estando a imagem-ajuste orientada em relação à base o usuário deverá realizar um looping de coleta de feições, desenhando as feições desejadas sobre a imagem-base. A medida que a feição é desenhada na imagem-base, a sua correspondente será apresentada na imagem-ajuste, e os pontos centrais da feição em base e ajuste estarão sendo alterados e apresentados na lista de feições como ilustrado na Figura 7.

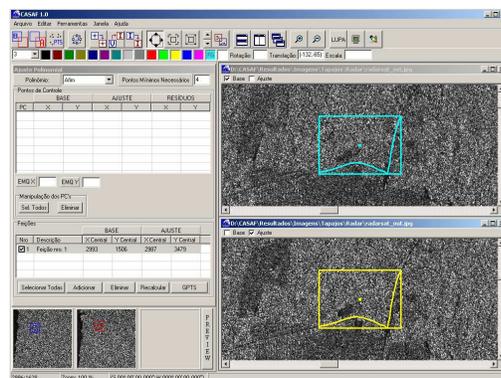
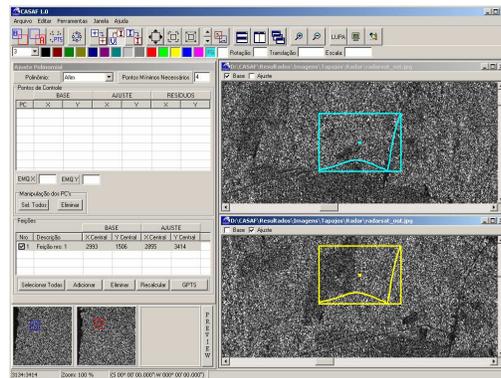


Figura 6. Passos 5 e 6

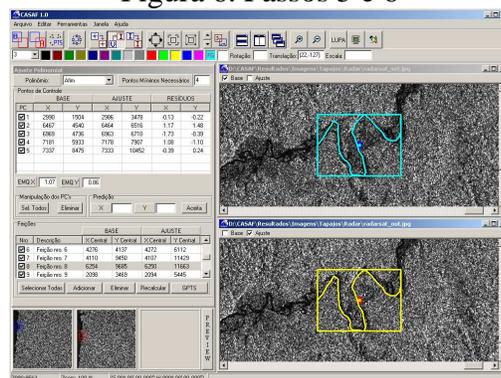


Figura 7. Passo 7

5. Resultados

Os testes foram realizados a partir de sessões no ambiente CASA-F através da interface disponível.

Para a realização dos testes e validação da ferramenta CASA-F utilizou-se imagens da região de Machadinho do O'este (Radar x Spot) e da Floresta Nacional do Tapajós (Radar x Radar), exemplificadas pelas Figuras 8 e 9 respectivamente. Foram adquiridas 12 feições no primeiro conjunto e 10 feições no segundo conjunto de imagens

Através da interface disponível foram adquiridas feições sobre a imagem-base e sobre as feições replicadas na imagem-ajuste foram realizadas as operações de rotação, translação e escala, permitindo a análise no quanto obteve-se de refinamento da transformação geométrica na imagem-ajuste.

Nos testes realizados foi utilizado como parâmetro de comparação a raiz quadrada do erro médio quadrático (EMQ) entre os pontos de controle obtidos na imagem-base e na imagem-ajuste.

Foram realizadas comparações dos resultados obtidos pelo processo de obtenção de pontos de controle no método manual com a extração e casamento de feições na ferramenta CASA-F., Silva (2006)

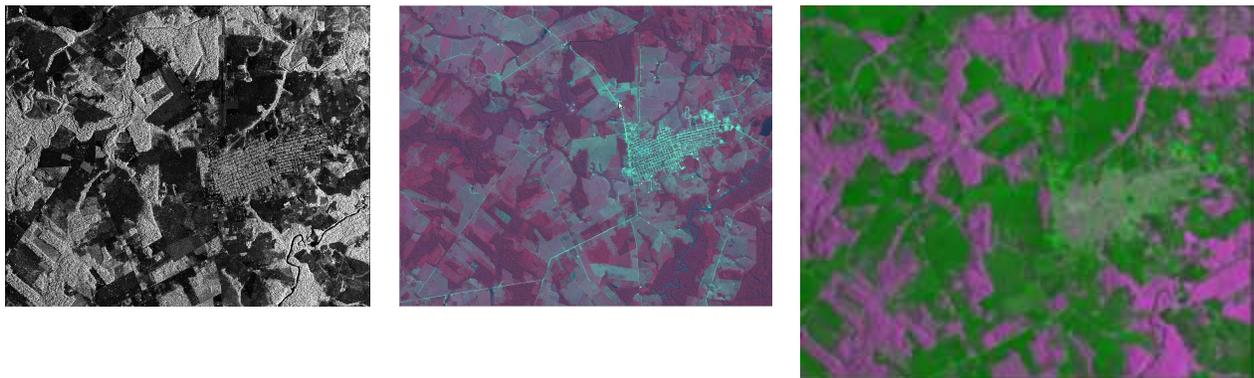


Figura 8. Machadinho do O'este, Radar 3846 x 3196 – SPOT 2785 X 2265, 12 Feições , EMQ = 0,85 pixel

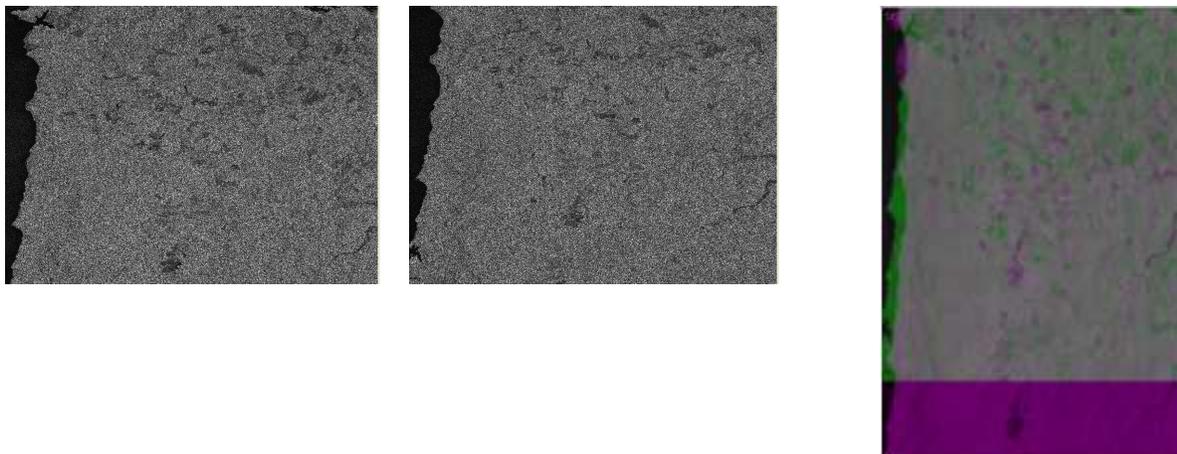


Figura 9. Floresta, Radar, 7844x11771 + 7844x11774, 10 Feições, EMQ = 1,54 pixel

6. Conclusões

A ferramenta descrita neste artigo comprovou a capacidade de que feições sejam extraídas e casadas, selecionando pontos de controle para o processo de registro de imagens. A CASA-F permite a seleção dos respectivos por três métodos diversos. Além disso, permite iluminar pontos ou feições. Logo, é uma ferramenta flexível e amigável e, de potencial utilidade em Processamento Digital de Imagens.

Visto que se utilizou C++ para o desenvolvimento das rotinas, são viabilizadas modificações capazes de atender quaisquer peculiaridades de imagens, de forma independente dos pacotes existentes no mercado. Verificou-se também que, após o casamento das feições selecionadas, foi possível obter pontos de controle de boa qualidade.

Em etapas posteriores vislumbra-se a otimização dos processos de aquisição e seleção de feições bem como a respectiva manipulação, para obtenção de registros progressivamente confiáveis em situações bastante adversas, ou seja, imagens muito diferentes, de sensores diferentes, tomada em épocas diferentes. Permitindo dessa forma a variação de desmatamentos, expansão de reflorestamentos, definições de área de semeadura etc.

7. Referências Bibliográficas

Li, H., Manjunath, B. S., “*A Countour-Based Approach to MultiSensor Image Registration*”. IEEE Transactions on Image Processing, Vol.4, No 3, Mar. 1995.

Eugenio, F., Marqués, F., “Automatic Satellite Image Georeferencing Using a Countour-Matching Approach“. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.41, No 12, Dez. 2003.

Zitová, B., Flusser, J., “Image registration methods: a survey“. Image Vision Computing, 2003.

Dai, X., Khorram, S., “*A Feature-Based Image Registration Algorithm Using Improved Chain-Code Representation Combined with Invariant Moments*”. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.37, No 5, Set. 1999.

Dare, P., Dowman, I., “A New Approach Automatic Feature Based Registration of Sar and Spot Images“. IAPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam ,2000.

Chen, L. C., Lee, J. D. “Initialization for Image Registration using Feature Matching“. ACRS, 1999.

ENVI, Manual do Usuário, <http://www.sulsoft.com.br/>; em 28-01-2004.

Developer’s Guide, Borland C++ Builder for Windows 2002.

Silva, J. C. et alli, “CASA-F – A Software for Image Registration”, Second International Joint Conference on Computer Information and System Science and Engineering (CISSE 2006) in December 04-14, 2006. <http://www.cisse2006.org> (submitted and accepted).