

Registro Semi-automático de Imagens CBERS utilizando Coeficiente de Correlação de Pearson

Andrei Olak Alves^{1,2}
Raphael Belo da Silva Meloni²
Jorge Luis Nunes e Silva Brito¹

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
Rua São Francisco Xavier 524, Maracanã, Rio de Janeiro, CEP: 20550-900, RJ, Brasil
kaageo@gmail.com / jsilvabr@gmail.com

² K2 Sistemas e Projetos Ltda
Rua Santo Avito 36, Gávea, Rio de Janeiro, CEP: 22451-420, RJ, Brasil
{andreiolak, rmeloni}@k2sistemas.com.br

Abstract. In recent years, there was a considerable increasing in researches that uses information derived from free remote sensing imagery. For example, speaking only from the series of CBERS satellites, more than 300,000 images were freely downloaded from the Internet. However, one major problem is that the CBERS imagery is available only with a partial geometric correction. Such a partial correction is characterized by a displacement that can range from hundreds of meters to some kilometers, which creates the need that those images must be properly registered before being used. Due to the fact that manually image registration is a time-consuming, tedious and error-prone task, it is necessary to search for new possibilities of automation of image registration process. Thus, the purpose of this study is to use the Pearson correlation coefficient to identify homologous features in two images, in order to automatically gather the coordinates of control points required for image registration. For accomplishment of this goal we developed an algorithm in C++. This algorithm allows to correlate homologous features of two images and delivers the values of coordinates of the homologous points, that are then saved in a file that can be used in the software SPRING. The results show the quality of the correlation coefficients for homologous features, the small errors in the control points, and the visual quality of CBERS's image registration.

Palavras-chave: Remote Sensing, CBERS imagery, semi-automatic image registration, Pearson Correlation Coefficient, Sensoriamento Remoto, imagens CBERS, Registro semi-automático de imagens, Coeficiente de Correlação de Pearson.

1. Introdução

A possibilidade de aquisição gratuita de imagens de sensoriamento remoto gerou, nos últimos anos, um considerável aumento de pesquisas que se baseiam em adquirir informações a partir da interpretação visual ou automática das imagens digitais. Em websites como “Catálogo de Imagens” do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), “Global Land Cover Facility” da NASA e Universidade de Maryland (<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>), e “Brasil em Relevo” da Embrapa (<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>), é possível efetuar download gratuito de imagens de satélites como CBERS, Landsat, Aster e do projeto SRTM.

Segundo o INPE, desde o lançamento dos satélites CBERS já foram distribuídas mais de 300.000 imagens, a fim de serem utilizadas nos mais diversos temas de pesquisa, como o controle do desmatamento e queimadas na Amazônia Legal, o monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas, crescimento urbano, ocupação do solo, em educação e em inúmeras outras aplicações (CBERS, 2009). No entanto, as imagens CBERS distribuídas gratuitamente

são disponibilizadas apenas com uma correção geométrica de sistema e se caracterizam por apresentar um deslocamento horizontal e/ou vertical que pode variar de centenas de metros a alguns quilômetros quando comparado com as coordenadas de uma determinada feição no mundo real, o que gera a necessidade de serem devidamente registradas antes de serem utilizadas (DGI, 2009).

O registro de imagens é uma correção geométrica que consiste no alinhamento de uma imagem para outra imagem de uma mesma área do mundo real; assim, em ambas as imagens, um mesmo pixel irá representar uma amostra de um ponto na Terra (SCHOWENGERDT, 2007). A grande dificuldade é que, em um registro manual, um operador humano é responsável por encontrar as feições coincidentes, geralmente pontuais, em duas imagens ou indicar pontos de controle de coordenadas conhecidas, o que costuma ser uma tarefa demorada, cansativa e passível de erros.

Desta forma, como uma alternativa que pode facilitar a etapa de registro de imagens CBERS, a proposta deste trabalho é a utilização do coeficiente de correlação de Pearson para identificar feições homólogas em duas imagens (imagem de referência e imagem a ser registrada), a fim de adquirir automaticamente as coordenadas de pontos de controle necessárias para o registro.

2. Materiais e Métodos

A técnica de registro semi-automático proposta neste trabalho consiste em empregar o coeficiente de correlação de Pearson para encontrar feições homólogas em duas imagens e utilizar as coordenadas encontradas automaticamente como pontos de controle para o registro. O coeficiente de correlação de Pearson pode ser entendido como uma medida do grau de relacionamento linear entre duas variáveis aleatórias, apresentando, assim, ênfase na predição do grau de dependência entre ambas (BRITO, 2007).

O cálculo da correlação é realizado através da Equação 1 :

$$\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (1)$$

onde:

σ_{XY} é a covariância entre as duas imagens;

σ_X é o desvio padrão da variável X;

σ_Y é o desvio padrão da variável Y.

O coeficiente de correlação pode conter qualquer valor entre -1 e 1, onde o sinal do coeficiente (+, -) define se a direção da relação entre as duas variáveis é positiva ou negativa. Assim, uma correlação positiva indica que, à medida que os valores das componentes de uma variável aumentam, os valores das componentes da outra variável também aumentam. O oposto ocorre para a correlação negativa, pois enquanto uns aumentam, os outros diminuem (BRITO, 2007).

Para utilizar o coeficiente de correlação de Pearson, foi desenvolvido um algoritmo em linguagem de programação C++ que recebe um recorte de uma feição (objeto) da imagem Landsat e, a partir de um busca em toda a imagem CBERS, encontra a mesma feição utilizando o melhor valor de correlação, sendo que as variáveis de saída são as coordenadas dos pontos na imagem CBERS. A partir destas coordenadas, é gerado um arquivo de pontos de controle no formato do software SPRING, para possibilitar o registro.

Para realização do trabalho, foi utilizada como imagem de referência uma cena ortorretificada do satélite Landsat 7, sensor ETM+, órbita/ponto 217/076 (região do Rio de Janeiro/RJ), com data de 17/06/2005, com zero por cento de cobertura de nuvens, faixa espectral da banda 8 (pancromática) e resolução espacial nominal de 15 metros; obtida gratuitamente pelo *website* “Global Land Cover Facility”.

A imagem adquirida para registro foi do satélite CBERS 2B, sensor CCD, órbita/ponto 151/126 (região do Rio de Janeiro/RJ), com data de 19/07/2009, com zero por cento de cobertura de nuvens, faixa espectral das bandas 2, 3 e 4 (verde, vermelho e infra-vermelho próximo) e resolução espacial nominal de 20 metros; obtida gratuitamente pelo *website* do “Catálogo de Imagens” do INPE.

Para diminuir o tempo do processamento, as imagens foram recortadas para um tamanho de 512x512 pixels (tamanho do pixel de 20m), que equivale a uma área aproximada de 104.733 km². Quando comparado com a imagem Landsat, a imagem CBERS apresentou um deslocamento vertical de 3.298 metros e horizontal de 632 metros. A Figura 1 apresenta a área de recorte das duas imagens e o deslocamento encontrado.

Para ser compatível com o número de *pixels* da imagem CBERS e possibilitar a adequada medição do coeficiente de correlação, a imagem Landsat foi reamostrada para o tamanho do pixel de 20 metros, utilizando o interpolador vizinho mais próximo do software SPRING 5.1.3. Ao analisar a faixa espectral das imagens, foi possível verificar que era grande a diferença do nível digital de tons de cinza entre a CBERS e a Landsat, o que poderia ocasionar uma má correlação entre feições; para solucionar o problema, foi gerada uma nova imagem a partir da média entre as bandas 2, 3 e 4da imagem CBERS, obtendo-se uma banda pancromática semelhante à da imagem Landsat, como mostra a Figura 2.

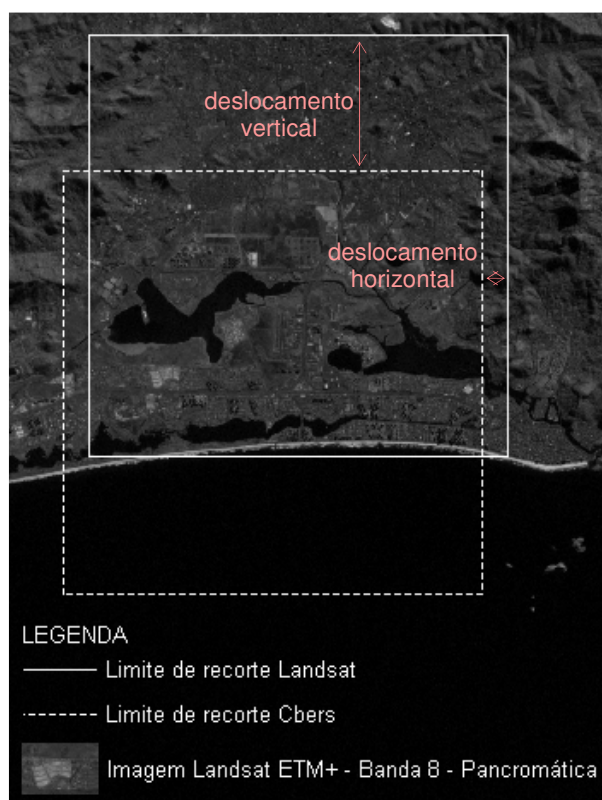


Figura 1 – Área de recorte das imagens CBERS e Landsat e deslocamento da imagem CBERS.

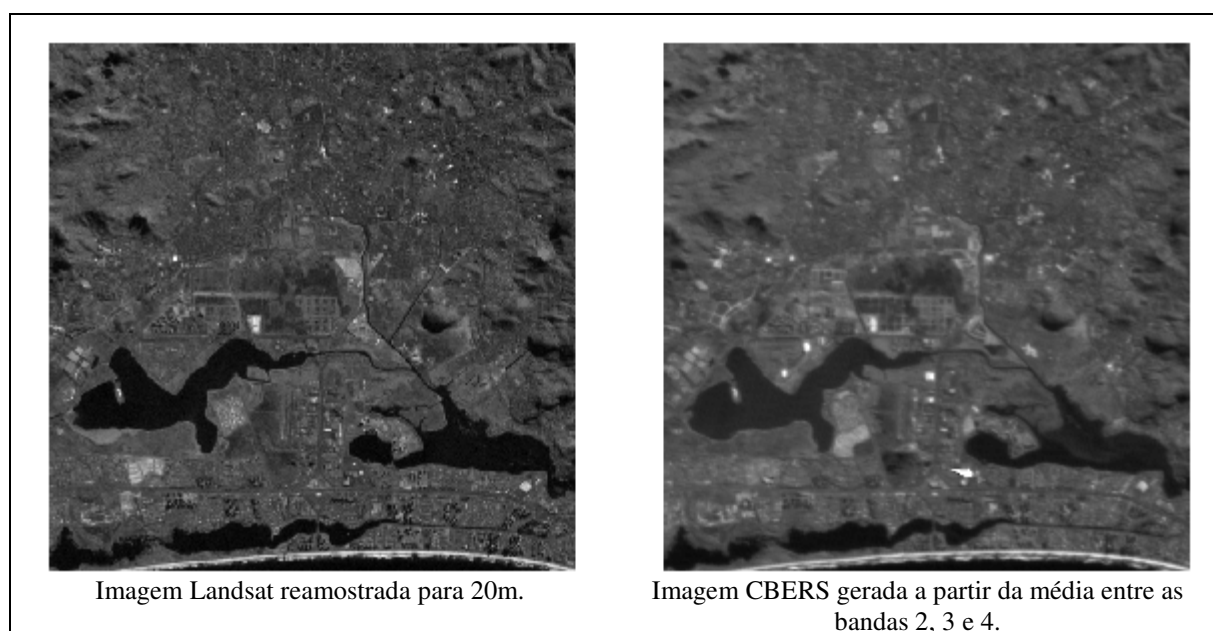


Figura 2 – Imagens Landsat e CBERS utilizadas para o registro.

A identificação de feições existentes nas duas imagens é uma tarefa que compreende certo tempo de análise; para reduzir o trabalho desta etapa, foi empregado um limiar de corte nos histogramas das imagens a fim de identificar os pontos de baixa frequência que apresentavam maiores valores de nível digital. A proposta de utilizar pontos de baixa frequência para registro automática de imagens já foi empregada por Salvador *et al.* (2009), com a obtenção de ótimos resultados. Portanto, foi definido o limiar de corte de 50 como o valor mínimo dos histogramas de saída das duas imagens, possibilitando que feições de baixa frequência de altos níveis de cinza fossem destacadas nas imagens. A identificação das feições foi dada por uma janela de 23x23 pixels (Figura 3).

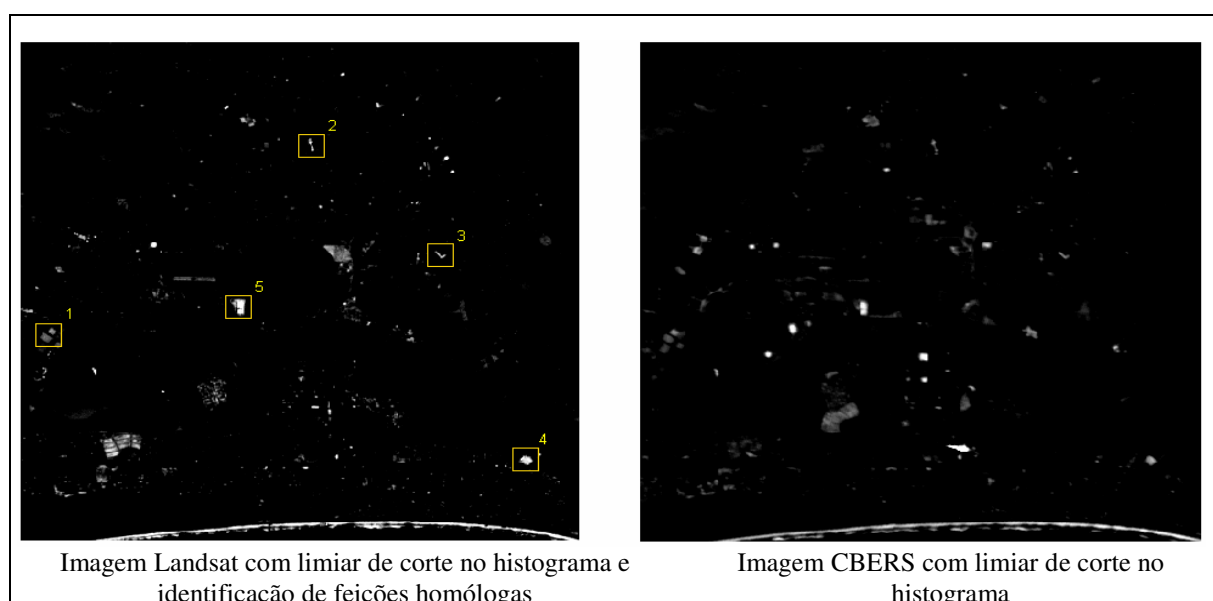


Figura 3 – Imagens Landsat e CBERS com limiar de corte de histograma e feições homólogas

Após a etapa de identificação das feições homólogas, foi empregado o algoritmo de correlação de Pearson para identificar as coordenadas dos pontos na imagem CBERS. Em

seguida, com as informações das coordenadas, foi possível gerar um arquivo de pontos de controle a fim de ser utilizado para o registro da imagem CBERS.

Para facilitar a compreensão das etapas utilizadas neste trabalho, segue abaixo a Figura 4 com os passos empregados.

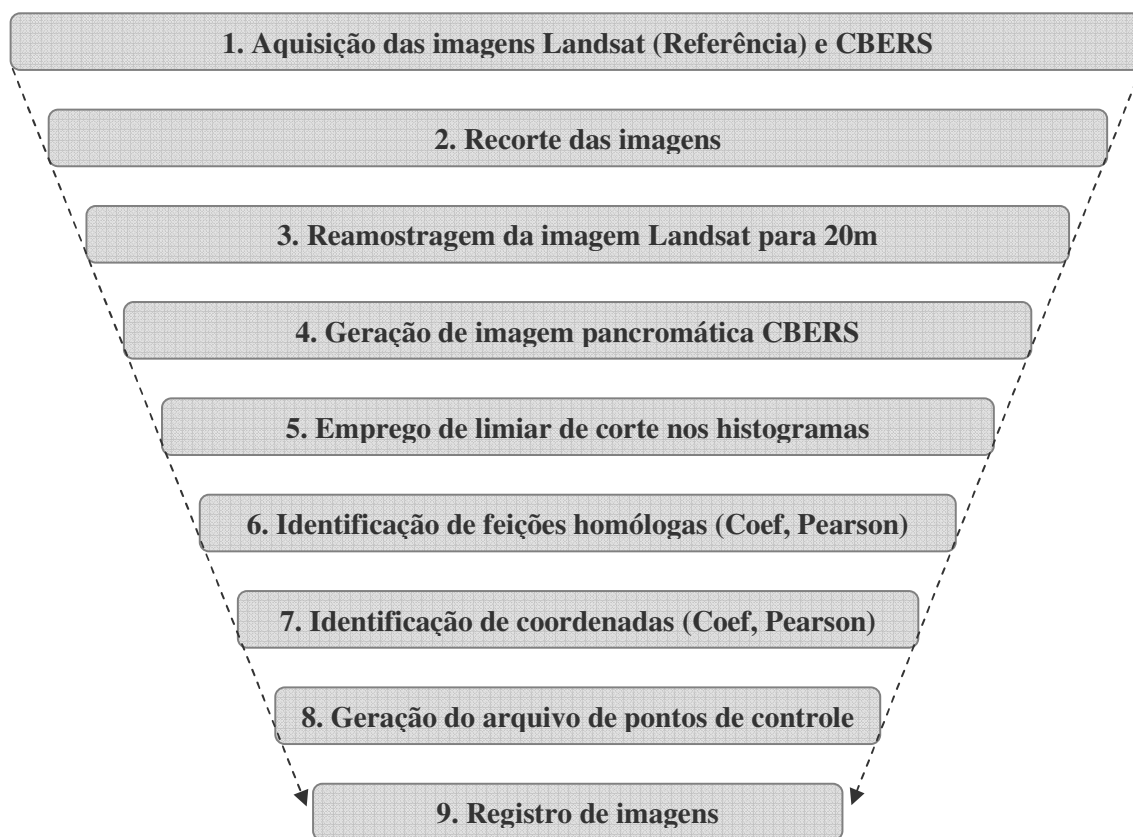


Figura 4 – Etapas do método utilizado no presente trabalho.

3. Resultados e Conclusões

Durante a busca pela melhor correlação entre a feição indicada e seu posicionamento na imagem CBERS, apenas as correlações maiores que 0.85 foram consideradas válidas, enquanto as correlações de valores menores foram descartadas. Caso a correlação de uma feição identificada não alcance o valor de aceitação, esta feição não é utilizada no passo seguinte.

O programa apresentou as melhores correlações para as feições identificadas nas imagens Landsat e CBERS, conforme mostra a Tabela 1:

Tabela 1 – Resultados dos melhores coeficientes de correlação

Identificador das feições	Valor do melhor coeficiente de Correlação
Feição 1	0.904285
Feição 2	0.864923
Feição 3	0.892069
Feição 4	0.927112
Feição 5	0.908578

Após análise dos resultados da correlação, foram utilizadas as coordenadas que representam esses valores para criar um arquivo de pontos de controle no formato do software SPRING (“.pro”). A qualidade do registro pode ser observada pelo valor do erro médio quadrático, ou RMS (Root Mean Square), nos pontos de controle, que foi de **0.398 pixel** (Figura 5). Além disso, a distribuição dos pontos de controle foi apresentada com a correta representação espacial, no limite de cada feição.

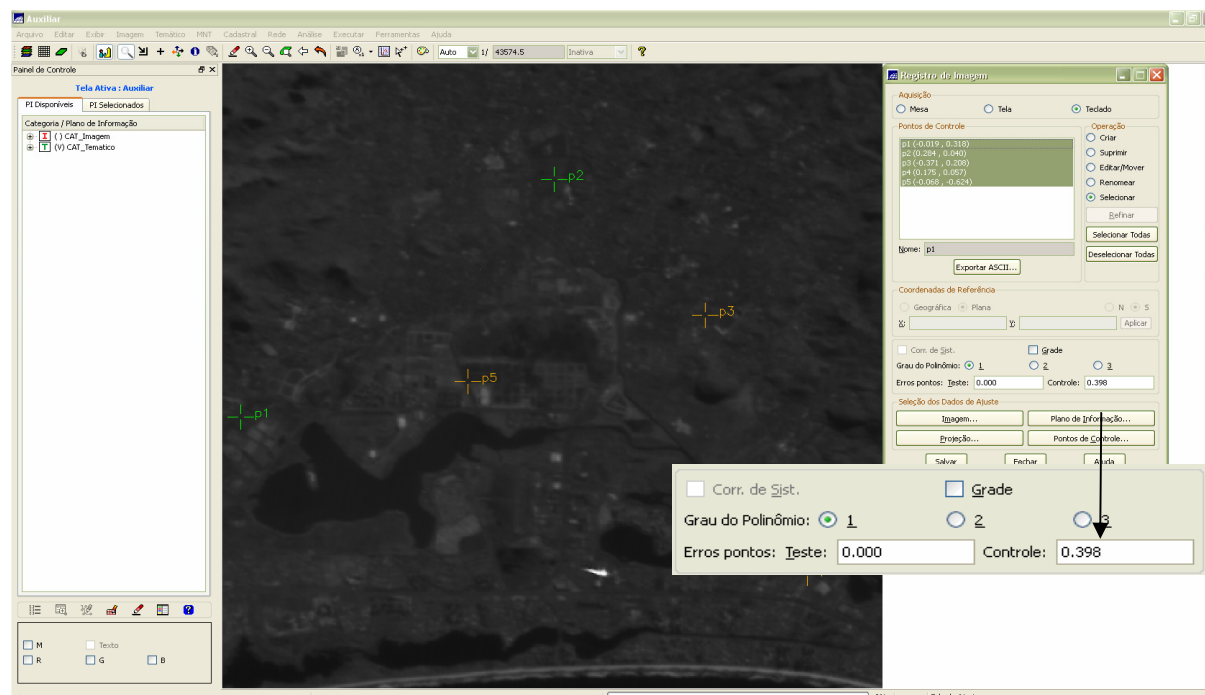


Figura 5 – Distribuição dos pontos de controle no software SPRING e Erros de Ponto de Controle. (Valores expressos em pixels.)

Com o arquivo de pontos de controle foi possível realizar o registro das bandas 2, 3 e 4 das imagens CBERS, utilizando o modelo de transformação linear com polinômio de 1º grau, com reamostragem pelo algoritmo vizinho mais próximo, presente no próprio SPRING.

Para obter uma avaliação visual da espacialização do registro, as imagens foram comparadas através de um vetor de similaridade, criado a partir do mapeamento de pontos com as mesmas coordenadas, para ambas as imagens. Em seguida, as imagens foram dispostas lado a lado e os pontos foram ligados a partir de um vetor, cujo objetivo era verificar se, em ambas as imagens, coordenadas idênticas estavam representando pontos idênticos. Além disso, o limite das feições retiradas da imagem de referência foi sobreposto na imagem de ajuste, para certificar de que se tratavam das mesmas feições (Figura 6).

Devido às dificuldades que são encontradas em processos de automatização de registro de imagens, o resultado obtido com o uso da metodologia adotada foi considerado satisfatório, uma vez que foi possível obter um valor de RMS menor do que 0,5 pixel, adequado para as imagens CBERS.

Além disso, o programa não apresentou dificuldades para encontrar bons valores de coeficiente de correlação na identificação das feições homólogas, conforme apresentado na Tabela 1 e, para as feições encontradas, também não apresentou erros relacionados à identificação de uma falsos homólogos.

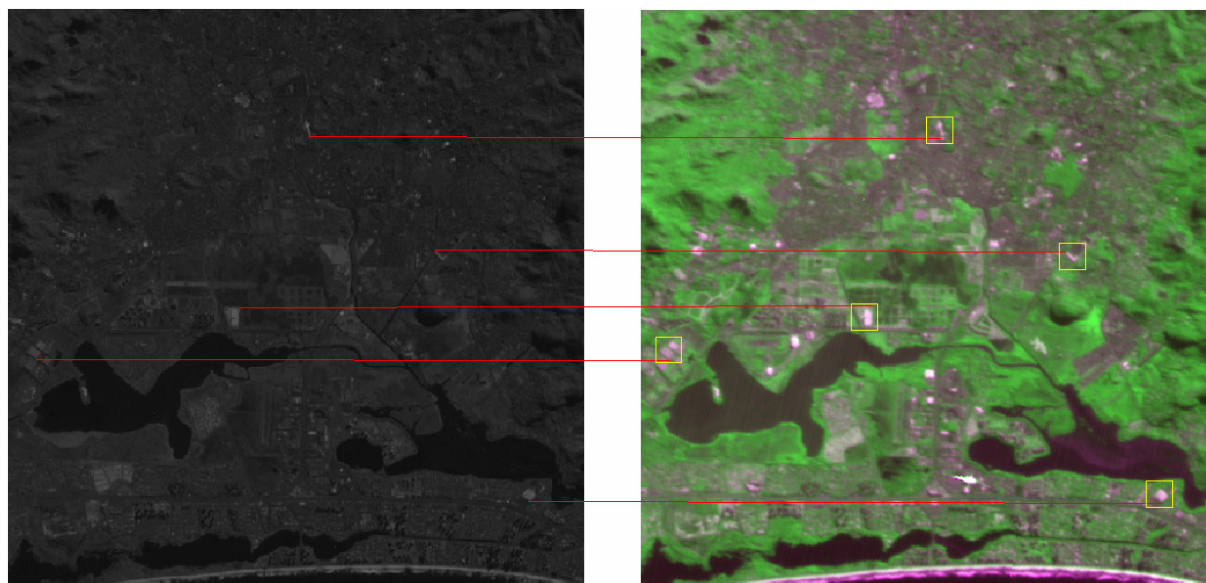


Figura 6 – Vetor de similaridade para avaliação visual do registro e limite de feições homólogas

Para trabalhos futuros, planeja-se realizar testes em outras imagens e automatizar todas as etapas descritas no trabalho, fazendo com que a iteração do usuário seja apenas de selecionar as imagens de referência e de registro.

Sugere-se também o estudo de métodos de otimização do algoritmo, para que o tempo de processamento na identificação de feições homólogas seja menor, possibilitando assim trabalhar com maior volume de dados. Pretende-se, ainda, que a proposta do presente trabalho seja avaliada para inserção no software SPRING como uma ferramenta de Registro Semi-Automático.

Referências Bibliográficas

BRITO, Jorge Luiz Nunes e Silva; COELHO FILHO, Luiz Carlos Teixeira. **Fotogrametria Digital**. 1 ed. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2007.

CBERS, Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestres. **Aplicações**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2009. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/p_aplicacoes.htm> Acesso em: 08 dez 2009.

DGI, Departamento de Geração de Imagens - INPE. **Qualidade Geométrica das imagens CBERS-2 e CBERS-2B**. 2009. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/CBERS2geometria_PT.htm> Acesso em: 08 dez 2009.

SALVADOR, Adriano C.; Oliveira, Júlio C.; MELLO, Márcio P. de. Registro automático de imagens utilizando pixels de baixa frequência de ocorrência. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 7127-7134, 2009.

SCHOWENGERDT, Robert A. **Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing**. 3 ed. Tucson: Academic Press Elsevier, 2007.