

Extração de Atributos de Forma para Classificação de Imagens de Alta Resolução do Satélite HRC/CBERS-2B.

Joanito de Andrade Oliveira ¹

Luciano Vieira Dutra ²

Camilo Daleles Rennó ²

Pablo Santana Santos ³

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB ¹

Campus Universitário da UFRB – 44380-000 - Cruz das Almas – BA, Brasil

joanito@ufrb.edu.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE ²

Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil

{dutra,camilo}@dpi.inpe.br

Universidade Federal da Bahia – UFBA/ICADS ³

Rua Prof. José Seabra S/N - 47805-100 Barreiras – BA, Brasil

pablosantos@ufba.br

Abstract. High resolution image data open new possibilities in remote sensing digital image classification, particularly when dealing with classes that are spectrally similar. For this reason, software of image classification provides new techniques for object classification based on image segmentation. Segmentation is the subdivision of an image into separated regions. For many years, image segmentation procedure is the main research focus in the area of image processing. Many shape features presents in the software are based on statistics of the spatial distribution of the pixels that form an object image. This work presents methodologies of extraction of feature for image digital classification. The objective of the work is to extract feature of shape of the regions of a CBERS – 2B image (High Resolution Camera) in such way that improve the efficiency of the classification process. In the scale of image processing, it is often necessary to take into account the shape of the objects to achieve a proper identification when separating objects with the same spectral signature. The system was developed in IDL/ENVI. The classified images separated based only on spectral attributes did not discriminated well the different patterns while the image classified based on shape, the pattern were better discriminated. Further studies are being done aiming to implement evaluation methods for classification.

Palavras Chaves: extraction of feature, shape features, region classification, HRC/Cbers-2B image, extração de atributo, atributos de forma, classificação por região, imagem HRC/Cbers-2B.

1. Introdução

Com os avanços tecnológicos, tanto para as imagens por satélite como para as adquiridas de sensores aerotransportados, está sendo possível capturar uma variedade de dados sobre a superfície da Terra em várias escalas.

Antes do lançamento do satélite IKONOS, a melhor imagem de satélite disponível no mercado para aplicações em grande escalas era a do SPOT 4 (10 m e 20 m), do LANDSAT 5 (30 m) e do LANDSAT 7 (15 m e 30 m). Lançado em outubro de 2001, o satélite de alta precisão cartográfica QuickBird vem fazendo concorrência ao IKONOS. O QuickBird coleta imagens com resolução de 61 cm no modo pancromático e 2,44 m no modo multiespectral, a nadir. Esses dados orbitais de resolução submétrica são comparáveis aos de uma fotografia aérea. O Satélite CBERS-2B (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), lançado em 19 de setembro de 2007, possui uma câmera pancromática de alta resolução. Essa câmera produz imagens de uma faixa de 27 km de largura com uma resolução espacial de 2,7m, que permiti a observação com grande detalhamento dos objetos da superfície.

As imagens de alta resolução apresentam grande heterogeneidade de objetos, constituindo em complexos alvos de análise. Para isso, é necessário desenvolver novas técnicas que possam auxiliar no processo de análise das imagens, com intuito de separar os objetos não só

pelas propriedades espectrais mais também pela característica de forma, auxiliando na etapa de discriminação dos objetos com valores espectrais similares, mas com formas diferentes.

A obtenção de bons resultados na classificação depende do processo de extração e seleção de atributos, pois é a partir desta fase que é criado o conjunto de atributos que será utilizado na etapa de treinamento e posteriormente na fase de classificação (Oliveira, 2005). Este trabalho tem por objetivo aplicar método de extração de atributos de forma, implementando algoritmos significativos na separabilidade das classes e analisar a geometria das imagens CBERS-2B, câmera pancromática de alta resolução (HRC - *High Resolution Camera*), através de um classificador por região.

2. Extração de Atributos

Extrair as características (atributos) mais importantes numa imagem evidencia as diferenças e similaridades entre os objetos. Algumas características são definidas por uma aparência visual na imagem. Entre essas características pode incluir o brilho de uma determinada região, a textura de uma região, a amplitude do histograma, entre outros (Pratt, 1991). De uma forma geral, a extração de atributos é um processo usualmente associado à análise das regiões de uma imagem.

Os métodos para criar novas características baseadas na combinação ou na transformação de características já existentes são chamados métodos de extração de atributos (Dutra e Huber, 1999). O estudo de extração de atributos em reconhecimento estatístico de padrões requer a definição de dois elementos:

- Atributos: é qualquer aspecto, qualidade ou característica de um objeto. Os atributos podem ser simbólicos, numéricos ou ambos.
- Padrão: é um conjunto de atributos que definem um objeto ou um grupo de objetos. É essencialmente um arranjo ou uma ordenação presente em alguma organização de estrutura (Pandya, 1995).

A fim de desenvolver um eficiente sistema de reconhecimento de padrões, deve-se primeiramente efetuar a escolha dos métodos de extração de atributos. Para projetar um sistema com baixa complexidade, o vetor de atributo criado pela extração deve conter atributos pertinentes sobre as classes a serem reconhecidas. Um vetor de atributo é composto de vários atributos que representa um objeto. Um conjunto de atributos também pode ser representado no espaço de atributos 2D e 3D (Figura 1).

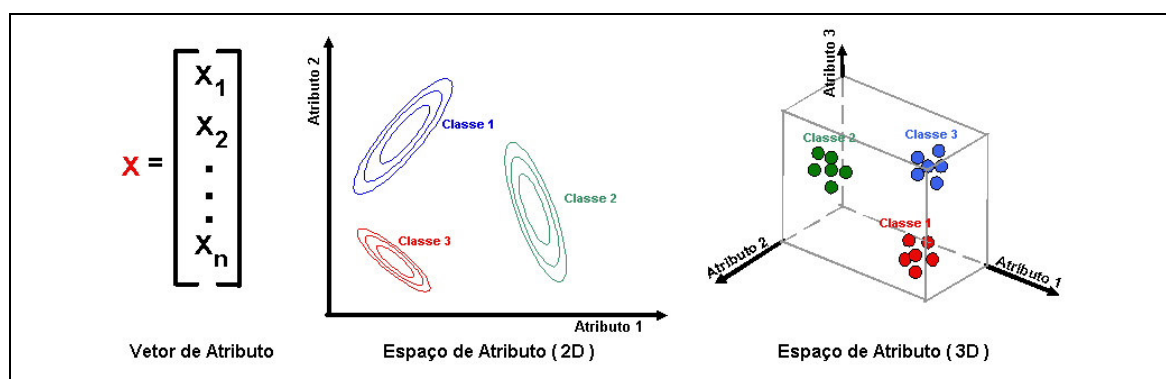


Figura 1 - Representação de atributos em uma, duas (2D) e três dimensões (3D).

A extração de atributos é responsável pela mensuração dos atributos dos objetos pertencente a imagem em estudo, que são utilizados para identificar uma classe de padrão. O principal objetivo da extração de atributos é caracterizar os objetos, através de medidas, para serem utilizados na classificação de imagens (Duda et al. 2001). Muitos trabalhos têm utilizado inúmeros atributos para quantificar os objetos nas imagens (Haralick et al., 1973; Rennó, 1998; Arivazhagan e Ganesan, 2003; Chen et al., 2004).

2.1 Atributos de Forma

Classificadores tradicionais, baseados em princípios espectrais, são os que habitualmente encontram-se implementados na maioria dos softwares utilizados em processos de extração de atributos de uma região. No processamento digital de imagem, uma representação de uma região não consiste apenas na diferenciação dos níveis de cinza dos objetos, mas também da delimitação de sua fronteira através da forma dos objetos (região).

Técnicas qualitativas e quantitativas são desenvolvidas para caracterizar a forma dos objetos nas imagens (Pratt, 1991). Há várias outras maneiras de representar e descrever a variação da forma dos objetos, como através da teoria do código da cadeia, teoria das assinaturas, dos números de formas, circularidade, entre outras (Gonzales e Woods, 2000). Com o estabelecimento das medidas de distância, área e perímetro vários atributos geométricos dos objetos podem ser desenvolvidos (Pratt, 1991).

Para o cálculo do perímetro de um objeto, representado na forma matricial, é necessário extrair os *pixels* de borda. Existem vários algoritmos para a extração de *pixels* de borda, cada um com sua característica peculiar.

Observa-se que o resultado do cálculo do perímetro por esses métodos tem o mesmo valor de um retângulo envolvente ao objeto. Essa é uma limitação do método. A representação de objetos na forma matricial pode introduzir erros na definição de suas bordas dependendo da sua escala, rotação e a complexidades do objeto (Oliveira, 2005). A Figura 2 apresenta o mesmo objeto (um quadrado) em duas posições. Pode-se notar o aparecimento de um efeito “escada” onde deveria aparecer uma linha inclinada. Nesse caso, o valor do perímetro calculado pelo lado dos *pixels* pertencentes a borda, aproximadamente dobra quando o quadrado é rotacionado em 45° (quadrado a direita).



Figura 2 – Diferentes valores do perímetro para um mesmo objeto.

Outro algoritmo de cálculo do perímetro de um objeto é executado através de operadores de detecção, que percorrem toda a borda do objeto, geralmente no sentido horário. Os operadores de detecção identificam os *pixels* pertencentes a borda do objeto, os quais são utilizados no cálculo do perímetro (Gose *et al.*, 1996).

O cálculo do perímetro utilizando operadores de detecção pode ter valores diferentes para um mesmo objeto, dependendo da configuração de vizinhança estabelecida para os operadores (Oliveira, 2005). A Figura 3 simula um objeto em uma imagem 2D, utilizando para o cálculo do perímetro operadores de detecção de vizinhança 4. Observa-se três configurações dos operadores de detecção (em vermelho) e suas direções de deslocamento em um mesmo objeto. A primeira configuração apresenta uma configuração de 2 *pixels* e a sua direção de deslocamento (para cima), a segunda configuração é de 1 *pixel* e seu deslocamento para o lado direito, e por último a terceira configuração de 3 *pixels* com o deslocamento para cima. Seguindo esse mesmo raciocínio, percorre-se todo o objeto identificando os *pixels* de borda. A restrição deste método é que o cálculo do perímetro em dados matriciais não é invariante a rotação.

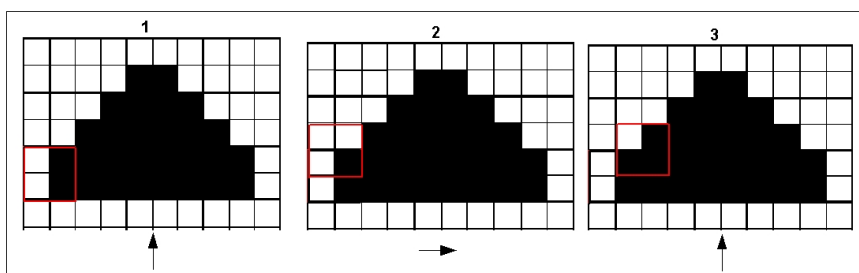


Figura 3 - Exemplos de cálculo de perímetro por operados de detecção.

Como boa parte dos atributos de forma utiliza na sua formulação o perímetro como uma variável, torna-se indispensável à eficiência na estimação do perímetro, que irá implicar em uma melhor representação dos atributos de forma.

A extração de atributo da forma constitui-se em uma importante fonte de dados para o processo de classificação de imagens, contribuindo em muitos casos para um melhor desempenho no processo de classificação. Segundo Soltanian-Zadeha et al. (2004), pode-se representar a forma de um objeto através de modelos. Esse método foi bastante utilizado, mas é ineficiente. Cada objeto requer um único modelo para representar cada possível orientação ou localização do objeto na imagem, tornando-se inviável a sua aplicação no processamento de imagens.

Pode-se categorizar os diferentes métodos entre os baseados na representação de região ou contorno. Cada representação fornece várias medidas da forma de um objeto em uma imagem. Os atributos mais utilizados são o comprimento, a largura e a área dos objetos. Outros atributos de forma podem exigir uma alta complexidade computacional. Segundo Gose *et al.* (1996), outra medida de forma que pode ser utilizada como atributo é o perímetro (P) ao quadrado dividido pela área (A) de uma região. Esse atributo é chamado de complexidade. Para um objeto igual a um círculo de raio r , esse atributo tem valor igual:

$$P^2 / A = (2\pi r)^2 / \pi r^2 = 4\pi = 12,57 \quad (1)$$

Objetos com formas diferentes apresentam valores mais altos. Por exemplo, $P^2/A = 16$ para todos os quadrados e $P^2/A = 20,78$ para um triângulo equilátero.

Pode-se modificar o atributo de complexidade com o objetivo de produzir uma medida de circularidade ou coeficiente de compactidade (*compactness*) definido por:

$$C = 4\pi A / P^2 \quad (2)$$

A circularidade é um atributo adimensional que varia de 0 a 1. Se o objeto for um círculo a medida de circularidade é igual a 1. O atributo de circularidade é fortemente utilizado nos sistemas de reconhecimento de padrões, pois tem a característica de ser invariante a rotação e a mudança de escala, já que o mesmo depende dos descritores simples como a área e o perímetro, e esse por sua vez, não deveria depender da rotação das regiões.

Os atributos de forma possibilitam a separação dos objetos que possuem formas diferentes e mesma resposta espectral. A análise da forma do objeto é de fundamental importância para estudos relacionados com o espaço urbano e áreas agrícolas, onde existem classes com formas geométricas definidas (pivô central, quadra de plantio, etc.). Alguns objetos em imagem de alta resolução possuem semelhança na resposta espectral, sendo necessário aplicar outros tipos de atributos para separar esses objetos. Por exemplo, plantios em área de pivô central, no caso das áreas agrícolas, podem ter semelhança na resposta espectral com as quadras de plantio, mas possuem formas diferentes. Essa análise possibilita o monitoramento e planejamento da expansão de áreas cultivadas por pivô central de uma propriedade através de imagem de satélite, principalmente imagens de alta resolução espacial.

3. Materiais e Métodos.

Para a implementação do algoritmo de extração dos atributos de forma foi desenvolvida uma customização no sistema Texture (Rennó, 1998). O sistema foi aperfeiçoado a fim de agregar métodos de extração de atributos de forma, fornecendo um produto de análise de imagem com um grande potencial de uso. Os algoritmos de extração e as interfaces gráficas foram implementados na linguagem de programação IDL (*Interactive Data Language*), utilizando algumas funções do ENVI.

3.1 Sistema Texture

O sistema Texture é um classificador por região que utiliza métodos de extração e seleção de atributos. No processamento digital de imagem, a representação de uma região consiste em duas alternativas: a representação de sua fronteira (forma); ou em termos dos *pixels* que compõem a região (textura). Quando se trabalha com classificação de regiões, as informações contextuais e geométricas podem ser importantes para a representatividade das regiões que representam uma determinada classe.

O sistema desenvolvido possui métodos de extração de atributos de textura e de forma. Os atributos de textura já existentes no sistema foram reorganizados em 3 grupos: Distribucional (*dist*), que se divide em dois subgrupos (básicos e particulares); co-ocorrência (*cooc*); autocorrelação espacial (*auto*). A importância e a utilidade da textura em sistema de reconhecimento de padrões é enfatizada pela grande quantidade de trabalhos nestas áreas (Oliveira, 2005).

Utilizou-se a estrutura do sistema Texture para agregar atributos de forma (*shape*), ao processo de extração de atributos, que integrados ao sistema, fosse possível aumentar a distinção entre as classes. Dessa forma, a partição do espaço de atributos se torna mais bem definida, fornecendo um melhor desempenho do classificador utilizado.

Inicialmente, pode-se extrair todos os atributos existentes no sistema para um único canal (banda de uma imagem) e fazer o mesmo procedimento para outros canais. O sistema também suporta imagens de diferentes sensores na extração de atributos. O objetivo de agregar essas características é a possibilidade de aumentar a eficiência do classificador.

Grande parte dos atributos de forma, em dados matriciais, utiliza os valores do perímetro e da área de uma região na sua formulação, onde uma boa estimativa do perímetro e um preciso cálculo da área de uma região implica em uma melhor representação dos atributos de forma. A seguir serão descritos os atributos de forma implementados neste trabalho.

3.1.1 Área

Efetou-se a implementação do atributo Área contando-se os *pixels* existentes em cada região. Esse método de cálculo de área supõe que os *pixels* na imagem possuem a mesma dimensão, ou seja, o tamanho do *pixels* seja constante.

3.1.2 Perímetro

Para o atributo Perímetro, primeiramente, desenvolveu-se um procedimento para a detecção dos *pixels* pertencentes à borda, utilizando uma configuração de vizinhança 4.

Como todos os *pixels* pertencentes a uma determinada região possuem um mesmo identificador, percorreu-se todos os *pixels* analisando a sua vizinhança. Se existir 4 *pixels* na configuração de vizinhança 4, que pertençam a mesma região, o *pixel* em análise não faz parte da borda da região. Por exemplo, os *pixels* com valores diferentes de 4, na Figura 4, são identificados como *pixels* de borda, os quais serão utilizados no cálculo do perímetro.

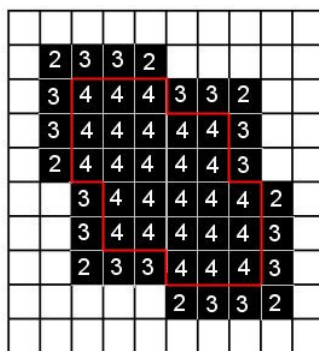


Figura 4 – Detecção dos *pixels* de borda.

Os *pixels* pertencentes a borda são armazenados em uma estrutura que possui a quantidade de *pixels* vizinhos ao mesmo e seus endereçamentos. A estimativa do perímetro é feita através do cálculo da distância entre os centróides dos *pixels* de borda, atribuindo o valor 1 para *pixels* na horizontal e vertical ou $\sqrt{2}$ para *pixels* na diagonal. Visando analisar as possíveis configurações dos *pixels* de borda, percorre-se todos os *pixels* com uma vizinhança 8, estabelecendo as configurações de vizinhança para cada *pixel* de borda.

3.1.3 Complexidade

Implementou-se os atributos de complexidade com o objetivo de extrair informações da forma das regiões, a fim de aumentar o poder discriminatório do classificador, conforme equação 1.

3.1.4 Circularidade

Definiu-se o atributo de circularidade ou coeficiente de compacidade (*compactness*), conforme equação 2. A circularidade é um atributo adimensional que varia de 0 a 1.

Um objeto que possui uma forma semelhante a um círculo, o valor da circularidade aproxima-se a 1. Para outros objetos, o valor da circularidade é menor.

3.2 Classificação das Imagens HRC/CBERS-2B

Com objetivo de apresentar a potencialidade do método de extração proposto para a classificação em imagens de sensoriamento remoto foi utilizada uma imagem CBERS-2B, câmera pancromática de alta resolução (HRC - *High Resolution Camera*), da região oeste do estado da Bahia, no município de Barreiras. A imagem HRC/CBERS-2B utilizada refere-se à órbita-ponto 156/113, de 25 de agosto de 2008. Executou-se um recorte na imagem original para a região de estudo.

O sistema Texture já dispunha de classificadores baseados na Máxima Verossimilhança Gaussiana e na distância de *Mahalanobis*. Introduziu-se no sistema, um método baseado em distância euclidiana. Esses métodos apresentam características peculiares e podem, dependendo do problema, influenciar na eficácia da classificação.

Como objetivo de analisar a separabilidade das classes através dos atributos de Forma, três classes de interesse foram definidas: pivô central (forma = Círculo), Quadra de plantio (forma = Retângulo) e outra classe distinta das duas anteriores (outras formas).

O primeiro passo é a segmentação de imagem. Usou-se no processo de segmentação da imagem o segmentador do SPRING 4.3 pelo método de crescimento de região. Para a segmentação da imagem utilizou-se um limiar de área igual a 2000 *pixels* e a similaridade de 5 níveis de cinza.

A Figura 5a apresenta à imagem original e a Figura 5b a imagem segmentada utilizada no processo de classificação. No processo de extração de atributos, extraíram-se 12 atributos, sendo 8 atributos Distribucionais Básicos e os 4 atributos de Forma propostos.

A Figura 5c apresenta a classificação utilizando apenas os atributos distribucionais e a Figura 5d a classificação com os dois melhores atributos de forma: circularidade e complexidade. A seleção dos melhores atributos de Forma foi executada utilizando o método seqüencial *Forward Feature Selection* (Oliveira, 2005).

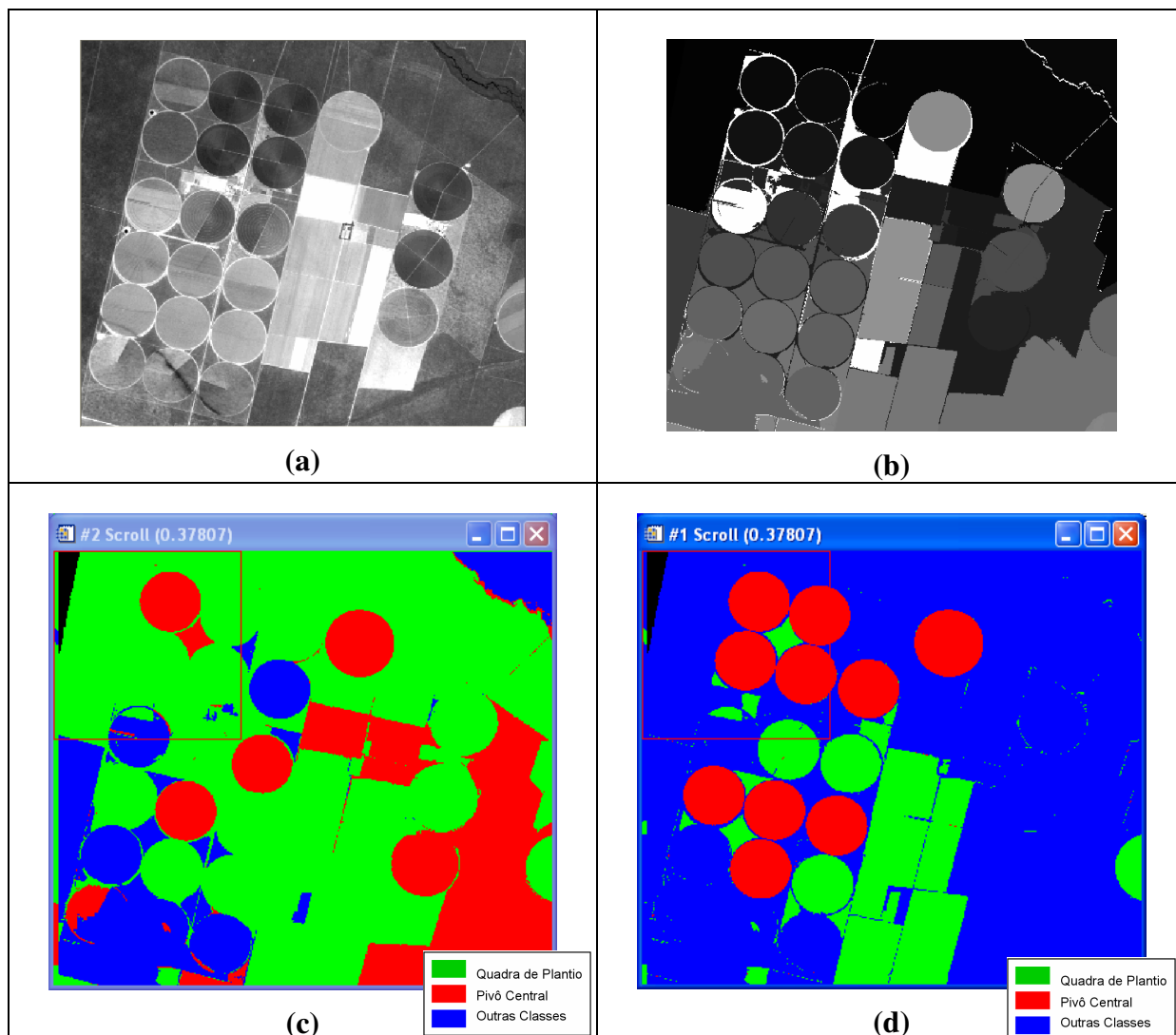


Figura 5 – Detecção dos *pixels* de borda.

4. Conclusões e Recomendações

Os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados, pois os algoritmos de extração de atributos de Forma implementados e análise da aplicação em imagens de alta resolução do satélite HRC/CBERS-2B obtiveram resultados satisfatórios. Os métodos de extração de atributos aplicados à classificação por regiões apresentaram resultados eficazes para o que se propunham.

Os atributos de forma, agregados ao sistema, obtiveram resultados eficientes no processo de classificação por regiões. Observou-se que houve valores diferentes dos atributos de forma no processo de rotação das regiões na imagem. Percebeu-se que esta variação de valores não foi significativa, pois a variação dos valores do atributo de área era aproximadamente proporcional à modificação no valor do atributo perímetro. Como os atributos de circularidade e complexidade dependem dos atributos de área e perímetro, os seus valores não tiveram variações significativas na imagem, entre os valores encontrados nas regiões originais e nas imagens com as regiões rotacionadas.

A principal contribuição deste trabalho é o aperfeiçoamento do processo de extração de atributos proposta por Rennó (1998), e a aplicação dessa análise em imagens do satélite

HRC/CBERS-2B, apresentando a viabilidade de uso em atividades de classificação de imagem por região. A imagem classificada utilizando os atributos de forma apresenta um número maior de pivô central e quadra de plantio classificada corretamente, comparando com a imagem classificada utilizando os atributos distribucionais.

O bom resultado no processo de classificação de região não depende apenas da etapa de extração de atributos, mas também da imagem segmentada. Observou-se que as variáveis utilizadas na segmentação não conseguiram definir todos os limites dos pivôs centrais, pois existe uma variação nas características geométricas internas de cada pivô. Isso devido as diferentes estágios de plantio e da cultura.

As interfaces gráficas implementadas no sistema, que acompanha as etapas do sistema de processamento de imagens, são interfaces intuitivas e fáceis de usar. Para complementar trabalho nesta área, que utilizam processos de extração de atributos, existem outras pesquisas que poderiam dar continuidade e auxiliar futuros estudos:

- Aplicação de outros métodos de segmentação de imagens.
- Agregar ao sistema medidas de avaliação da classificação através de análise estatística.
- Implementação de novos algoritmos de extração de atributos de forma.

Espera-se que este trabalho possa ter contribuído para mostrar a importância da utilização de métodos de extração de atributos de forma em imagem de alta resolução.

5. Referências

- Arivazhagan, S.; Ganesan, L. Texture classification using wavelet transform. **Pattern Recognition Letters**. v. 24, n.12, p. 1513-1521, 2003.
- Chen, S.; Zhu, Y.; Zhang, D.; Yang, J Y. Feature extraction approaches based on matrix pattern: MatPCA and MatFLDA. **Pattern Recognition Letters**, p. 11, 26 July 2004.
- Duda R.O., Hart P.E. & Stork D.G.. **Pattern Classification**. 2 ed. New York, Wiley, (2001).
- Dutra, L.V. and Huber, R.. Feature Extraction and Selection for ERS 1/2 InSAR Classification: Int. **J. Remote Sensing**, 1999, vol. 20, n°. 5, 993-1016.
- Haralick, R.M; Shunmugan, K; Dinstein, I. Texture Feature for Image Classification. **IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics**, SMC-3(6):6610-621, Nov. 1973.
- Pandya, A.S., Macy, R. B. **Pattern Recognition with Neural Networks in C++**. CRC Press, Florida, 1995. 410p
- Pratt, W. K. **Digital Image Processing**, Wiley Interscience, 1991. 698p.
- Gonzales, R. C.; Woods, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. Edgard Blücher LTDA, 2000. 509p
- Gose, E.; Johnsonbaugh. R.; Jost, S. **Pattern Recognition & Image Analysis**. New Jersey: A Simon & Schuster Company, 1996. 484 p.
- Marques Filho, O.; Vieira Neto, H. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999. 406 p.
- Oliveira, J. A. **Classificação de regiões usando atributos de forma e seleção de atributos**. 2005. 104 p. (INPE-13746-TDI/1050). Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.
- Rennó, C. D.; Freitas, C. C.; Frery, A. C. **A system for region image classification based on textural measures**. In: Latino-American Seminar on Radar Remote Sensing: Image Processing Techniques, 2., 1998, Santos. Anais. Santos: ESA, 1998.
- Rennó, C. D. **Avaliação de medidas texturais na discriminação de classes de uso utilizando imagens SIR-C/X-SAR do perímetro irrigado de Bebedouro, Petrolina, PE**. 1995-12-22. 111 p. (INPE-10441-TDI/926). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1995.
- Soltanian-Zadeha, H; Rafiee-Rad, F. Pourabdollah-Nejad D, S. Comparison of multiwavelet, wavelet, Haralick, and shape features for microcalcification classification in mammograms. **Pattern Recognition: The Journal of the Pattern Recognition Society**. v. 37, n. 10, p. 1973-1986, 2004.