

GeoCaju – um software para contagem não supervisionada de pés de caju

José Iguelmar Miranda¹
João Camargo Neto¹
Vítor Hugo de Oliveira²
Eduardo Delgado Assad¹

¹Embrapa Informática Agropecuária
Caixa Postal 6041, 13083-970 - Campinas - SP, Brasil.
{miranda, camargo, assad}@cnptia.embrapa.br

²Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita, 2270 - Planalto do Pici, 60511-110 - Fortaleza - CE, Brasil.
vitor@cnpat.embrapa.br

Abstract. This paper presents the result of a joint research project involving Embrapa Informática Agropecuária (Campinas, SP) and Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza/CE), aiming the use of high spatial resolution satellite imagery (Quickbird), to identify and count individual cashew fruit trees. One of the main results was the software GeoCaju, implemented in Java, which simplified the counting task using a combination of image processing techniques – mathematical morphology and complex diffusion filter – and an optimization process, based on genetic algorithm, to ease the localization and counting of the trees. The farm Soever, in Beberibe county, CE, supported the field work. Results obtained with GeoCaju, mainly due to the genetic algorithm, were promising, reaching an accuracy of 99% in identifying and counting the trees.

Palavras-chave: Quickbird, genetic algorithm, cashew, image processing, Quickbird, algoritmo genético, caju, processamento de imagens.

1. Introdução

Com uma área plantada de cajueiros superior a 650 mil ha, a região NE responde por mais de 95% da produção nacional de castanha. A importância social dessa cultura no Brasil traduz-se pelo número de empregos diretos que gera, sendo 35 mil no campo e 15 mil na indústria, além de 250 mil empregos indiretos nos dois segmentos (Oliveira, 2002). A heterogeneidade dos plantios comerciais existentes e a não adoção de uma tecnologia agrônoma orientadora mínima vem comprometendo todo o processo de produção com produtividade de castanha muito baixas. O real conhecimento da população de plantas, mediante o emprego de um software desenvolvido para tal fim pode ser um importante instrumento para subsidiar políticas públicas, referentes à renovação dos pomares de cajueiro da região ao permitir a obtenção de um diagnóstico fidedigno da população de plantas existentes.

Nas imagens de satélite de alta resolução espacial, como Ikonos e Quickbird, detalhes de prédios, sombras, estradas e plantas individuais são visíveis. Essa visibilidade permite a exploração de novas aplicações que requerem informações geométricas, contextuais e texturais contidas nas imagens. Exemplos de aplicações são estimativa de altura de prédios pela sua sombra, delineamento não supervisionado de copas para enumeração de plantas e extração de atributos lineares, como estradas, para aplicações cartográficas. Para melhor explorar o potencial dessas imagens, algoritmos de análise e processamento de

imagens usando as propriedades texturais, contextuais e geométricas são necessários (Hui et al., 2000). Esses autores usaram imagens Ikonos e os princípios anteriores para três tarefas: delineamento automático e contagem de palmáceas, extração de ruas em áreas urbanas e estimativa de altura de prédios usando suas sombras. No caso da contagem, a precisão chegou a 97,2%.

Wulder et al. (2001) usaram imagens Ikonos, espectro radiômetro aerotransportado MEIS e ortofotos de fotografias aéreas, todos com 1m de resolução espacial, para o reconhecimento individual de coníferas, em Vancouver, Canadá. Quando comparando as três fontes de dados, os autores escolheram as imagens Ikonos como as mais favoráveis, por apresentar um maior índice de identificação das árvores. Para a identificação individual de árvores, os autores usaram uma técnica de processamento de imagens conhecida como filtro de convolução de máximo local (ML), onde a magnitude dos números digitais dentro na área do filtro é comparada para determinar se o valor do pixel central é maior do que seus vizinhos. A hipótese assumida é que processando dados com alta resolução espacial com um filtro ML, os valores digitais mais elevados ocorrem e correspondem aos ápices das copas das coníferas. Warner et al. (1998) usaram apenas fotos aéreas de alta resolução para a identificação de árvores individuais em florestas decíduas no Estado da Virgínia, América do Norte. As técnicas de processamento de imagens usadas envolveram as propriedades espectrais, com o uso de segmentação, e espaciais da imagem, com o uso de análise de contexto, padrões e textura.

Karantzalos e Argialas (2004) usaram imagens Ikonos e Quickbird para a extração automática de pés de oliva na Grécia. Os autores realizaram o processo em duas etapas: na primeira, fizeram realce e suavização da imagem usando técnica de difusão não linear; na segunda, a identificação dos pés de oliva foi feita extraíndo o máximo local do Laplaciano. As iniciativas de uso de imagens de satélite de alta resolução espacial para a identificação individual de pés de plantas está em seu começo, principalmente porque essas imagens só começaram a surgir a partir de 1999, com o lançamento do satélite russo Ikonos. O processo de amadurecimento no uso de técnicas de processamento de imagens digitais, embora já em uso desde a década de setenta, tem de passar por uma adaptação para trabalhar com estas imagens de altíssima resolução, antes limitadas a pixels com um máximo de 10m.

O software GeoCaju, apresentando no presente trabalho, traz mais uma contribuição no campo de trabalho com imagens de satélite de alta resolução espacial.

2. Metodologia de Trabalho

Como material, usaram-se quatro bandas multiespectrais de imagens do satélite Quickbird, OrtoQuickPac, com resolução espacial de 2,40m e uma banda pancromática com resolução de 0,60m. A resolução radiométrica usada foi de 8 bits. A data da passagem do satélite foi 14/12/2006. Essas imagens, cobrindo uma área de 64km², incluíam a Fazenda Soever, no município de Beberibe, CE, onde a Embrapa Agroindústria Tropical desenvolve pesquisas com caju. O sítio foi escolhido também pelo fato de se poder conferir a precisão do algoritmo de contagem. Além das imagens, usu-

se nos trabalhos de campo um GPS Garmin (GPS II Plus), para georreferenciamento dos talhões com os pés de caju a serem contados.

A metodologia de desenvolvimento do software seguiu a abordagem de *Extreme Programming* (Beck, 2000). As técnicas de processamento de imagens digitais usadas formaram três grupos: (1) morfologia matemática, com o uso do algoritmo de intensificação difusa (Yager, 1979; Huang e Wang, 1995), última erosão (Myler e Weeks, 1993; Banon e Barrera, 1998) e máximo local do Laplaciano (Wulder et al., 2001); (2) detecção de bordas, usando o filtro linear de difusão complexa (Gilboa et al., 2004; Miranda e Camargo Neto, 2006); e (3) um algoritmo genético (Michalewicz, 1996; Camargo Neto e Miranda, 2009) para o processo de contagem de pés de caju. O esquema geral do software é mostrado na Fig. 1.

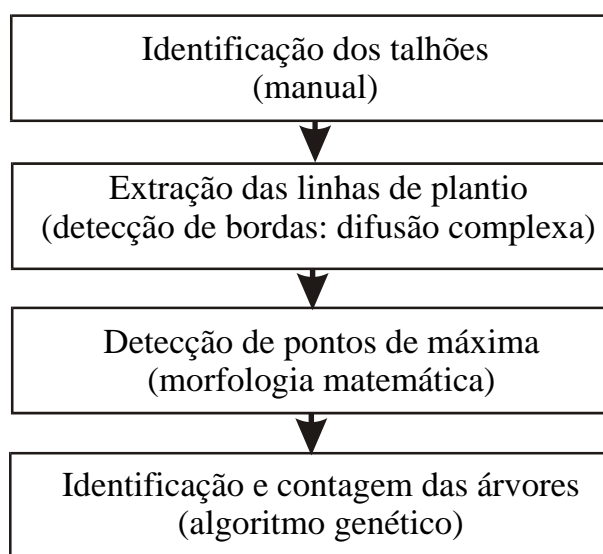


Figura 1. Esquema do software GeoCaju.

3. Resultados e Discussão

O funcionamento do GeoCaju está dividido em quatro fases (Fig. 1): (1) identificação dos pomares ou talhões, feito pelo usuário, sendo o único processo manual do software. O pomar identificado, através de um polígono ou região de interesse, é repassado ao programa principal; (2) extração das linhas de plantio. Ressalta-se que os pés de caju sujeitos à contagem pertencem à variedade anão-precoce, plantados em espaçamentos regulares, geralmente, 7m×7m. A variedade de caju gigante não é passível de contagem pelo presente algoritmo; (3) localização dos pontos de máxima. Eles servirão como a principal fonte de informação para o algoritmo genético criar a primeira população (cromossomos) com os pés de caju; (4) contagem dos pés de caju, usando o algoritmo genético. Detalhes sobre o funcionamento do algoritmo genético estão em Camargo Neto e Miranda, (2009).

Na interação com a interface do software, o usuário seleciona uma imagem da área de interesse, define um talhão dentro dessa área e o submete ao processo de contagem. No

final do processo, o programa desenha círculos sobre as árvores identificadas. O diâmetro desses círculos é proporcional ao diâmetro de copa de cada árvore, com medida em metros. Caso alguma árvore não tenha sido identificada, o usuário pode inserir manualmente uma nova árvore. Com o processo de edição, o usuário pode ajustar o diâmetro de copa e mover a árvore inserida. O sistema permite também que uma árvore, erroneamente identificada, seja excluída. Todas essas operações são monitoradas pelo programa, que automaticamente atualiza o banco de informações sobre a quantidade de árvores identificadas. Em um dos painéis da interface gráfica, existe uma tabela com quatro colunas para mostrar o número do talhão, sua área em hectares, a quantidade de pés de caju contada e a densidade, em número de pés por hectare (Fig. 2).

Pode existir mais de um talhão na área de estudo e todos, ou parte deles, podem ser armazenados em arquivos do tipo COMMA SEPARATED VALUES (.CSV). Esses arquivos podem ser lidos diretamente pelo Excel. O elemento base do arquivo é o talhão, cuja estrutura se repete de acordo com o número de talhões salvos. A vantagem de armazenar a estrutura dos talhões trabalhados é recuperá-los posteriormente. Assim, um trabalho de contagem pode ser interrompido para continuidade posterior ou mesmo para se saber onde o processo de contagem já foi realizado.

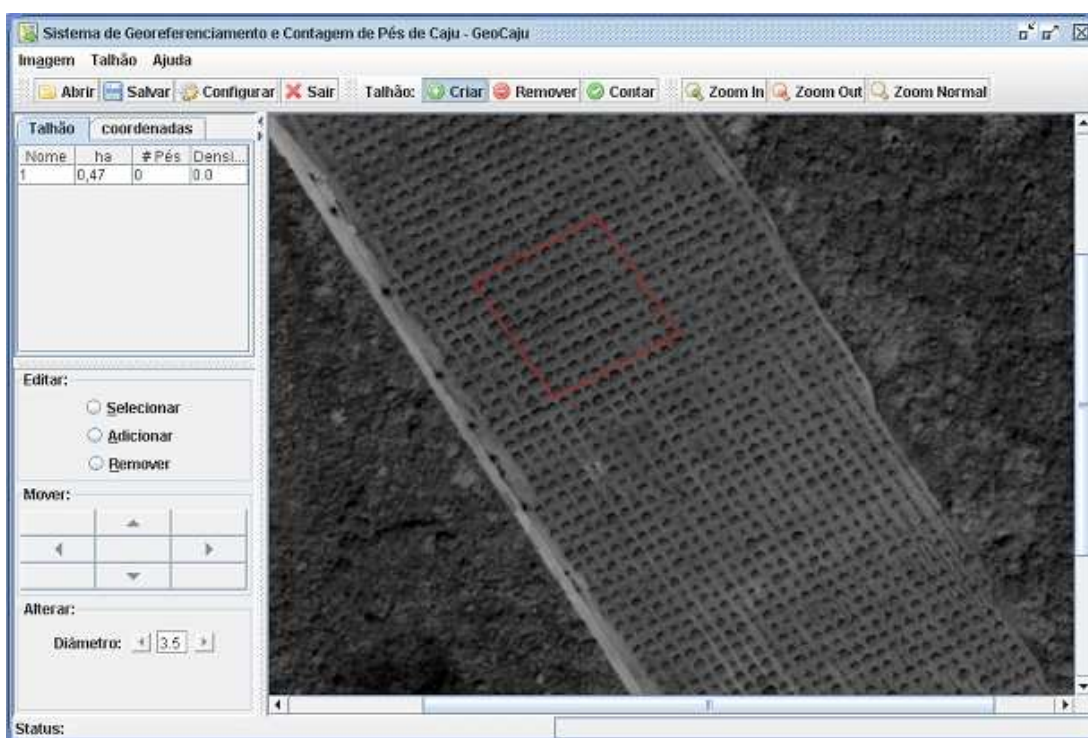


Fig. 2 Interface do GeoCaju.

Na Fig. 2, mostra-se a interface principal do software, com um talhão definido (em vermelho). Existem três campos importantes nessa interface: (1) as barras de menus e ferramentas, onde o usuário encontra todas as opções de operação no talhão (duas primeiras linhas na horizontal); (2) campo com informações sobre o talhão (área da esquerda da imagem). Nela, o programa mostra o número do talhão (“nome”), sua área

em hectares (“ha”), número de pés identificados e contados (“#pés”) e densidade de plantio (“densidade”); (3) campo de edição. Aqui, o usuário pode selecionar uma árvore (“Selecionar”) para editá-la. Uma árvore, não identificada pelo algoritmo, pode ser incluída (“Adicionar”) ou removida (“Remover”). A árvore selecionada pode ser movida, usando as setas no campo “Mover”. E também seu diâmetro pode ser alterado. Na aba “coordenadas”, aparecem as coordenadas de cada árvore identificada e seu diâmetro.

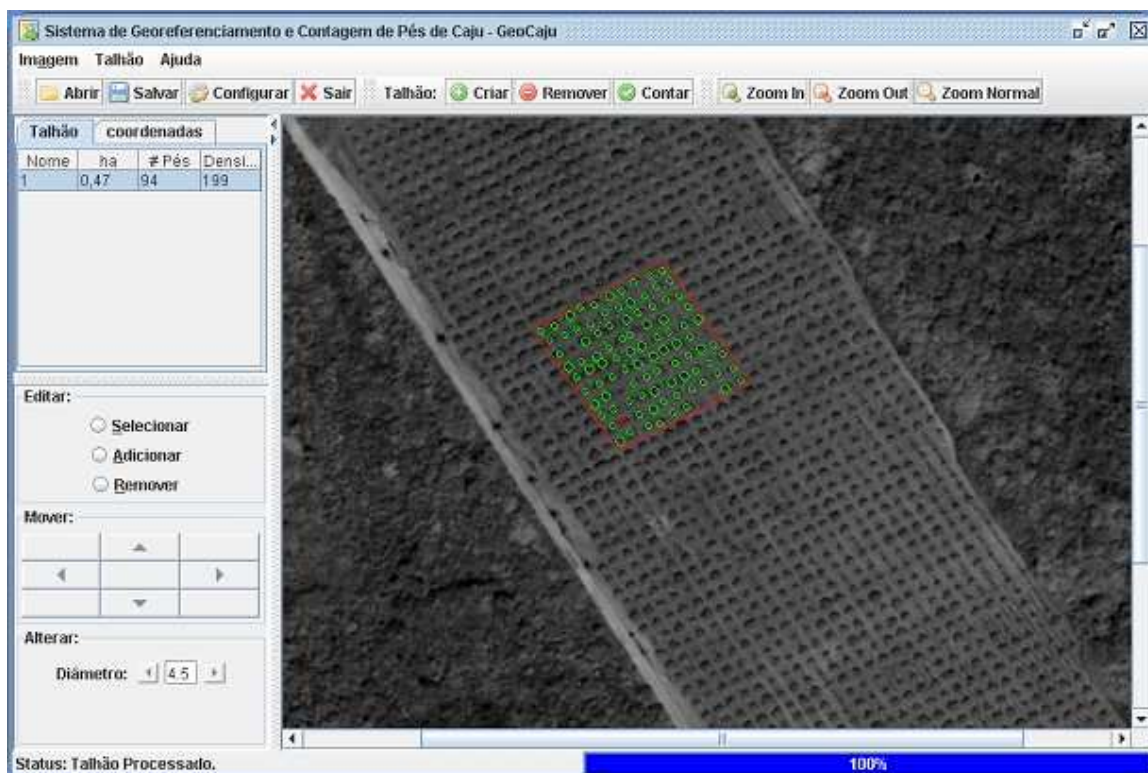


Fig. 3 Talhão contado.

Na Fig. 3, mostra-se o resultado da contagem do talhão em foco. O programa fornece a área de talhão (0,47ha), o número de pés (94) e a densidade de pés por hectare (199). As informações gravadas sobre cada talhão guardam todos esses dados.

4. Conclusões

Pode-se afirmar que o algoritmo genético se mostrou eficiente no processo de identificação e contagem dos pés de caju, inclusive, no processo de ajuste do diâmetro de copa. Pelos testes feitos com contagem, o acerto chegou a 99%. O software se encontra operacional.

Uma dificuldade encontrada está ainda no início do processo, quando da identificação das linhas de plantio. Na realidade, o algoritmo de morfologia matemática que faz a “esqueletização”, procurando identificar as linhas de plantio, trabalha mais com informações sobre as sombras existentes de cada árvore do que o valor do pixel da copa

da árvore. Portanto, as copas aparecem deslocadas da sua posição original. Para sanar essa dificuldade, um processo específico foi desenvolvido com base na regularidade do espaçamento dessa cultura. Portanto, o processo de identificação das linhas de plantio deverá sofrer modificações se um outro desenho de espaçamento for usado no plantio das árvores.

Referências Bibliográficas

Banon, G. J. F. & Barrera, J. Bases da morfologia matemática para análise de imagens binárias. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 1998. 230 p. (Inpe-6779-ROQ/682). Disponível em: <<http://iris.sid.inpe.br:1912/col/dpi.inpe.br/banon/1998/06.30.17.56/doc/conteudo.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2003.

Beck, K. Extreme programming explained: embrace change. Reading, MA: Addison-Wesley, 2000. 190 p.

Camargo Neto, J.; Miranda, J. I. Um algoritmo genético para identificação e contagem de pés de caju. Artigo submetido ao Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal, RN.

Gilboa, G.; Soche, N.; Zeevi, Y. Y. Image enhancement and denoising by complex diffusion processes. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 26(8):1020-1036, 2004.

Huang, L. K.; Wang, M. J. Image thresholding by minimizing the measures of fuzziness. Pattern Recognition. Vol. 28, no. 1, pp. 41-51, 1995.

Hui, A.; Liew, S. C.; Kwoh, L. K.; Lim, H. Extraction and utilization of geometrical and contextual information in very high resolution Ikonos satellite imagery. In: 21st ASIAN CONFERENCE ON REMOTE SENSING, 2000, Taipei, Taiwan 21st Asian Conference on Remote Sensing, Taipei, Taiwan National Central University, 2000. Disponível em: <<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts4/digi0011pf.htm>>. Acesso em: 09/08/05.

Karantzalos, K. G.; Argialas, D. P. Towards automatic olive tree extraction from satellite imagery. Istanbul, ISPRS 2004 12-23 July 2004, Congress title: Geo-Imagery Bridging Continents, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey, 2004.

Michalewicz, Z. Genetic algorithms + data structures = evolution programs. Berlin: Springer-Verlag, 1996. 387 p.

Miranda, J. I.; Camargo Neto, J. Filtro de difusão linear complexa para detecção de bordas: implementação Java. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2006. Páginas: 5 (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado Técnico, 75). Disponível em: <<http://www.cnptia.embrapa.br/modules/tinycontent3/content/2006/ct75.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2007.

Myler, H. R.; Weeks, A. R. Computer imaging recipes in C. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. 284p.

Oliveira, V. H. Influência da irrigação na produção de pedúnculo e de castanha em clones de cajueiro anão precoce. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 717-720, 2002.

Warner, T. A.; Lee, J. Y.; McGraw, J. B. Delineation and identification of individual trees in the eastern deciduous forest. In: Hill, D. A.; Leckie, D. G. (Ed) Automated interpretation of high resolution digital imagery for forestry. Victoria, Canada, pp. 81-91, 1998.

Weickert, J. Applications of nonlinear diffusion in image processing and computer vision. *Acta Math. Univ. Comenianae* Vol. LXX, 1(2001), pp. 33–50.

Wulder, M.; Nelson, T.; Niemann, K. O.; Seemann, D.; Goodenough, D. G.; Dyk, A.; Bhogal, A. S. Individual tree recognition from multiple high spatial resolution image sources. In: *IEEE 2001 INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM*, 2001, University of New South Wales, Sydney, Australia. *IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, University of New South Wales, Sydney, Australia, 2001.

Yager, R. R. On the measures of fuzziness and negation. Part 1: membership in the unit interval. *International Journal of General Systems*. Vol. 5, pp. 221-229, 1979.