

Estimando Cobertura Vegetal por Análise de Imagens

Jaime Daniel Corrêa Mendes
Universidade Federal de Lavras
Departamento de Ciência da Computação
CP3037, Lavras, MG, Brasil
lordshark@comp.ufla.br

André Vital Saúde (Orientador)
Universidade Federal de Lavras
Departamento de Ciência da Computação
CP3037, Lavras, MG, Brasil
saude@dcc.ufla.br

Resumo

Os biocombustíveis têm adquirido grande notoriedade e investimentos por partes governamentais e instituições de pesquisa por apresentarem-se como ótima alternativa aos combustíveis não-renováveis, principalmente devido aos seus benefícios econômicos, sociais, ambientais, tecnológicos e estratégicos. Devido ao fato de a principal matéria-prima ser oriunda de plantas oleaginosas e permitir cultivos em consórcio com outras plantas, essas estão sendo largamente exploradas em sistema de agricultura familiar cujo acesso a novas tecnologias não é muito explorado. Com isso, para aliar necessidade, oportunidade e tecnologia, o presente trabalho propõe uma alternativa para analisar a radiação solar, um dos principais fatores na otimização no uso da terra, através de técnicas de morfologia matemática e interatividade com o usuário. Um dos papéis deste software é auxiliar na tomada de decisão nas atividades de campo.

1. Introdução

O Biodiesel é um combustível renovável alternativo derivado de óleos vegetais, como girassol, mamona, soja, canola e demais oleaginosas, ou de gorduras de animais. As pesquisas desenvolvidas para a produção de Biodiesel requerem uma cooperação de diversas áreas do conhecimento visando a melhorias, principalmente no setor tecnológico, proporcionando maior qualidade e quantidade do produto final [4].

A principal fonte de matéria-prima para o Biodiesel é originada das plantas oleaginosas, produzidas em grandes, médias e pequenas propriedades. Estas, em geral no sistema de agricultura familiar, remetendo um maior esforço para os produtores em atender à resolução da Agência Nacional do Petróleo (ANP) que requer a inclusão de 3% de Biodiesel ao diesel mineral, a partir de julho de 2008, representando uma nova e importante opção de renda para a agricultura e neste

contexto o estado de Minas Gerais se destaca por ser o segundo maior consumidor de óleo diesel do Brasil [6].

Devido a essa demanda e, de acordo com a ordem do dia, exibida pelos principais jornais brasileiros, governos internacionais criticam a política do governo brasileiro cujo investimento, aplicado na produção de Biodiesel em âmbito nacional, deveria ser destinado à produção de alimentos [3].

Uma prática utilizada principalmente nas regiões tropicais é o cultivo consorciado, que pode envolver cereais, leguminosas e oleaginosas potenciais para a produção de Biodiesel. Pelo fato de as leguminosas serem menos competitivas, o consórcio de oleaginosas e leguminosas podem beneficiar tanto a dieta quanto equilibrar a receita econômica do produtor [1].

Para organizar esta competição pelo solo, uma das variáveis a ser trabalhada para melhorar o seu uso é a otimização do aproveitamento de radiação solar, que é a principal fonte de energia para as plantas, além de influenciar diretamente o rendimento da cultura associado ao arranjo das plantas. Assim a área de folhas da cultura é um indicativo de sua capacidade de aproveitamento de radiação solar e, conseqüentemente, de sua capacidade de produção de assimilados. [8].

A medida de radiação solar geralmente é feita em estações meteorológicas ou com a utilização de satélites, o que deixa claro o difícil acesso a equipamentos para aquisição de dados referentes à radiação, a fim de incrementar a organização de sua cultura para uma melhor produção, quando comparado à renda obtida por pequenos e médios produtores [2, 10].

1.1. Objetivo

O desenvolvimento tecnológico tem disponibilizado acesso a equipamentos de aquisição e processamento de imagens de alto desempenho e facilidade de uso, que leva o presente trabalho a propor uma alternativa à avaliação da radiação solar em uma área de cultivo por processamento de imagens digitais, captadas com câmeras digitais,

o que apresenta uma alternativa aos altos custos das ferramentas de análise de radiação solar.

Para o processamento dessas imagens, este projeto objetiva especificamente: desenvolver um software de processamento de imagens que permite o gerenciamento das informações obtidas no experimento.

2. Material e Métodos

2.1. Material

Os ensaios foram conduzidos no primeiro semestre letivo do ano de 2008 no Setor de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, através de experimentos conduzidos pelo grupo G-Óleo, compostos de mamona, canola, pinhão manso, nabo forrageiro, crambe e girassol.

A linguagem de programação utilizada foi JAVA da Sun Microsystems, baseado na *Java Development Kit* (JDK) 1.6 Update 01 e Update 02, sobre a *Integrated Development Environment* (IDE) Eclipse Classic na versão 3.3.1. Para o processamento de imagem partiu-se do demo *Supervised Watershed* de Sébastien Lefèvre, disponível em <http://dpt-info.u-strasbg.fr/~lefevre/>, acessado em 22 de março de 2008, e a biblioteca ImageJ® na versão 1.38. O IDE Net-Beans nas versões 5.5.1 e 6.0 foi utilizado na criação da interface com o usuário e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados foi PostgreSQL na versão 8.4.2.

A aquisição das imagens foi feita com câmeras digitais convencionais: Sony® CyberShot® modelo P73 com 4.1 MegaPixels e lente Sony Lens 6 - 18mm; modelo W5 com 5.1 MegaPixels e lente Carl Zeiss Vario-Tessar 7.9 - 23.7mm. Canon® Rebel® modelo XTi EOS com 10.1 MegaPixels e lente Canon EF Lens com controle remoto. Todas as câmeras utilizaram como suporte um tripé Velbon® modelo CX 200.

2.2. Métodos

O método aplicado para capturar as imagens em campo é feito acoplando as câmeras digitais no tripé, mantendo a lente sempre perpendicular às folhas da cultura. O posicionamento do tripé é feito de acordo com a altura que capture, da melhor forma possível, a área de interesse de análise do usuário em relação à altura atingida pela cultura, sendo irrelevantes as pequenas inclinações que possam ocorrer quando da captura da imagem devido ao movimento aparente do sol que faz com que o ângulo de incidência de radiação varie ao longo do dia. As imagens utilizadas neste trabalho foram captadas posicionando o tripé no centro da rua, com o intuito de registrar a área onde a radiação atinge diretamente o solo e seja possível ver o túnel de crescimento do dossel vegetativo. Para as máquinas sem

controle remoto, as imagens são obtidas ativando o temporizador da máquina com tempo suficiente para erguer o tripé. A Figura 1 mostra como foi feita a aquisição destas imagens em campo.



Figure 1. Método utilizado para capturar as imagens em campo.

Como a medição da área em uma imagem é feito pela contagem de pixels, devido à diferença entre as lentes das máquinas e suas resoluções, e para que a altura do posicionamento do tripé não interfira nas medidas, um teste de prova é utilizado na aquisição de imagens, colocando uma folha A4 (padrão ISO com dimensões de 21 x 29,7 cm) no solo, como objeto de referência, com suas bordas paralelas às linhas da cultura. A calibração das câmeras foi ajustada de acordo com o dia, através das macros das câmeras ou configuração manual, evitando que quantidade de luz interfira no contraste entre plantas e solo.

Ao descarregar as imagens da câmera, elas serão manipuladas por um software que faz o processamento das imagens e registra o experimento no banco de dados como uma descrição dos passos utilizados.

Para medir a área de incidência de radiação solar na cultura, foi convencionado que essa área corresponde à quantidade de pixels correspondente ao solo visível.

Com o intuito de segmentar estas regiões de pixels, o usuário utilizou uma interface interativa do software desenvolvido, em conjunto com operadores básicos de processamento digital de imagens [7] e de morfologia matemática [5], inserindo marcadores de acordo com a área de interesse de sua pesquisa, como mostra a Figura 2 e o resultado da operação na Figura 3.

Com o intuito de obter uma boa relação do tamanho dos pixels da imagem com a área real correspondente, a inserção do objeto de referência impede que as variações na altura da câmera interfiram nas dimensões da imagem. Portanto o trabalho consistiu em segmentar o solo e o objeto de referência na imagem e, em seguida, apresentar dados legíveis ao usuário, medir o número de pixels do solo e o número de pixels do objeto de referência, obtendo a área



Figure 2. Inserção dos marcadores para segmentar a imagem e o resultado da operação.

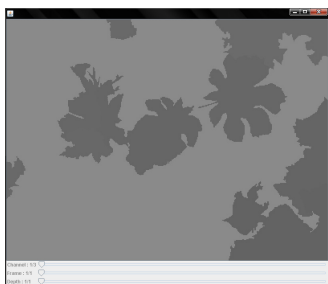


Figure 3. Resultado da Segmentação por Watershed por marcadores da Figura 2.

do solo em pixels. Para obter a área em unidade de medidas reais, foi aplicada a relação:

$$N_{ps} + N_{po} = A_s \quad (1)$$

$$N_{po} = A_{or} \quad (2)$$

onde N_{ps} é o número de pixels de solo visível, N_{po} é o número de pixels do objeto de referência, A_s é a área de solo visível e A_{or} é a área do objeto de referência.

3. Resultados e Discussão

Antes de discutir a técnica utilizada, ressalta-se, principalmente a relação de custos analisadas por este trabalho. Devido ao alto custo de uma imagem de satélite, e mesmo esta possuindo a capacidade de segmentar satisfatoriamente uma área vegetal devido à presença de sensores no equipamento, cujo comprimento de onda as folhas respondem muito bem, outras alternativas de baixo custo podem ser implementadas. O acoplamento da máquina digital em um tripé, deixando a lente perpendicular a área de cultivo apresentou resultados satisfatórios que permitem uma boa relação entre a imagem e a área real, de forma a poder organizar melhor o experimento, implicando a redução dos

custos para permitir o uso da tecnologia em pequenas propriedades agrárias.

3.1. Aquisição e Processamento de Imagens

Visando facilitar a segmentação e evitando trabalhar com imagens coloridas, vários pré-processamentos para realçar os objetos da imagem e tentativas de segmentação, de forma automática, utilizando o ImageJ® foram aplicados nas imagens capturadas. Porém não apresentaram resultados muito satisfatórios, por apresentarem diversos elementos que apenas são separados de forma mais criteriosa, como as pequenas áreas de solo entre as folhas.

Dentre essas tentativas, a separação das componentes no espaço de cor LAB apresentou um excelente resultado de contraste entre folhas e solo no canal a , apresentando uma alternativa direta ao método de segmentação de solo e plantas proposto por [9]. Apesar de não se tratar de um filtro e possuir uma complexidade proporcional ao tamanho da imagem, o custo da transformação para o espaço LAB não consome tanto processamento quanto uma filtragem, mas é considerável devido à precisão dos cálculos aplicados nesta conversão, pelo fato de não existir uma conversão direta do espaço RGB e para o LAB.

A separação de componentes no espaço LAB também se mostrou favorável em um pré-processamento da folha. A folha na cor branca é facilmente identificada na componente b , o que permitiu segmentá-la facilmente, aplicando uma operação de abertura morfológica por um quadrado seguido de *threshold*. Esta operação foi possível pelo fato de as bordas da imagem estarem paralelas às linhas da cultura.

A Figura 4 mostra o destaque da folha em relação ao restante da imagem na componente b da imagem.



Figure 4. Imagem original e realce do objeto de referência (folha), visualizando apenas a componente b .

O uso do espaço de cor LAB é que o alto contraste - entre folhas e solo - permitiu a introdução de métodos automáticos para segmentar a imagem, mas os “espaços vazios”, onde os vegetais se concentram, eram ignorados, o que poderia falhar na correção da análise. Para este fim,

foi aplicado o Watershed por marcadores de forma interativa, o que permitiu que as segmentações de pequenas áreas fossem mais precisas e incluídas na medição de área.

A Figura 5 mostra o número de marcadores utilizados em uma das imagens do experimento e o resultado da segmentação

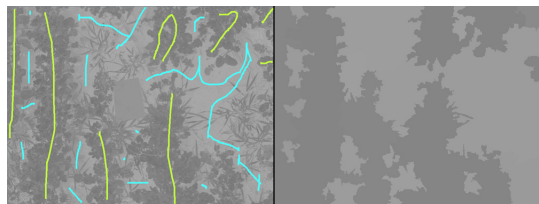


Figure 5. Marcadores em uma das imagens do experimento e o resultado da segmentação.

No que se refere à análise de imagens, os erros de perspectiva e inclinação da câmera não são relevantes pois na quantificação das informações é feita uma média das imagens capturadas.

O software permitiu a organização de um banco de dados de informações sobre consórcios de oleaginosas, contendo vários registros de experimentos em diversas situações. Esse conhecimento será usado como suporte para melhoria das pesquisas realizadas pela nossa equipe, além da possibilidade de aplicação das informações para a escolha da melhor cultura para cada ambiente específico, melhorando a produção, mesmo quando houver limitações de áreas agrícolas.

Um fator que evidenciou dificuldades na área de processamento de imagens utilizando a linguagem Java, foram as bibliotecas pesquisadas e utilizadas, pois não utilizam métodos diretos de manipulação dos objetos nativos da linguagem *java.awt.Image* e *java.awt.BufferedImage* e sim criam seus próprios objetos de manipulação de imagem e a conversão entre estes tipos não estava presente ou não é feita de forma intuitiva.

Enfim, a construção desse software permitiu um melhor gerenciamento dos experimentos de consórcio de plantas oleaginosas.

4. Conclusão

Os estudos para determinar quais cultivos consorciar necessitam de especialização, por exemplo, um centro de pesquisa implicando algumas vezes em um custo não muito acessível ao pequeno produtor.

Como possível alternativa a este problema, foi desenvolvido um software que analisa uma das variáveis fundamentais para determinação de qual ou quais cultivos podem ser praticados em uma determinada área, a radiação solar, fator de suma importância quando se trata de cultivos consorciados, por meio de processamento digital de imagens.

Buscando a customização do software de acordo com as necessidades, o software foi modularizado para permitir que profissionais da área ofereçam consultoria utilizando deste software como apoio na tomada de decisão e permitir que, através de demanda, outros serviços sejam acoplados (desenvolvidos) para incrementar esta oferta.

Assim sendo aliou-se a necessidade do pequeno produtor, a oportunidade de incentivos para estudos com biocombustíveis e tecnologia computacional viável de forma a contribuir com o desenvolvimento sustentável.

Referências Bibliográficas

- [1] D. Azevedo, E. F. Lima, J. W. Santos, F. A. S. Batista, L. Nóbrega, D. J. Vieira, and P. J. R. População de plantas no consórcio mamoneira/caupi. i. produção e componentes da produção. *Revista Oleaginosas e Fibrosas*, 3:13–20, 1999.
- [2] J. C. Ceballos and M. J. Bottino. Estimativa de radiação solar por satélite desempenho do modelo operacional gl1.2. In *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.
- [3] P. de Notícias G1. Lula critica ue por culpar brasil por alta do preço dos alimentos. Internet, acessado em 20 de maio de 2008, Maio 2008.
- [4] E. J. de Sá Parente. Processo de produção de combustíveis a partir de frutos ou sementes oleaginosas – biodiesel. Patente: Privilégio de Inovação, PI8007957, 14 de junho de 1983 (depósito); 08 de outubro de 1983 (concessão)., Outubro 1983.
- [5] E. R. Dougherty and R. A. Lotufo. *Hands-On Morphological Image Processing*, volume TT59. SPIE-International Society for Optical Engine, Jul 2003.
- [6] A. Freire. Mistura maior de biodiesel será obrigatória em julho, diz anp. Internet, acessado em 20 de maio de 2008, Março 2008.
- [7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods. *Processamento Digital de Imagens*. Addison-Wesley Publishing Company, INC, 2 edition, 1992.
- [8] P. C. Neto, A. C. Fraga, J. B. Ferreira, H. P. de Castro, R. C. Avelar, D. C. Dourado, M. A. D. Júnior, S. Danfá, and A. A. Quintiliano. Mamona em consórcio com lavoura de café recepado. In *Anais do 1º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais e Biodiesel*. 2004.
- [9] C. M. Onyango and J. A. Marchant. Segmentation of row crop plants from weeds using colour and morphology. *Computer and Electronics in Agriculture*, 39:141–155, 2003.
- [10] P. Zanetti, S. Delfine, and A. Alvino. A mathematical approach for estimating light absorption by a crop from continuous radiation measurements and restricted absorption data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 22:71–81, 1999.