

Monitoramento Agrícola a Partir de Imagens Aéreas e WebMapping



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Dietrich Garhard Quast

Alexandre Kalil Pires

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Hebert Cavalcante de Lima

Mariza Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Ladislau Martin Neto

Chefe-Geral

Álvaro Macedo da Silva

Chefe-Adjunto de Administração

Luiz Henrique Capparelli Mattoso

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Ricardo Yassushi Inamasu

Gerente da Área de Comunicação e Negócios



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

ISSN 1678-0434

Novembro, 2004

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 08

Monitoramento Agrícola a Partir de Imagens Aéreas e WebMapping

Lúcio André de Castro Jorge
Onofre Trindade Júnior
Jaime Aguiar
Abimael Cereda Júnior

São Carlos, SP
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação Agropecuária
Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 3374 2477
Fax: (16) 3372 5958
www.cnpdia.embrapa.br
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Secretária-Executiva: Valéria de Fátima Cardoso
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Membro Suplente: Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Dr. Rubens Bernardes Filho
Revisor de texto: Valéria de Fátima Cardoso
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento de ilustrações: Valentim Monzane
Foto(s) capa: Rubens Bernardes Filho
Editoração eletrônica: Valentim Monzane

1ª edição

1ª impressão (2004): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

**A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).**

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação Agropecuária**

Jorge Lucio André de Castro

Monitoramento agrícola a partir de imagens aéreas e web mapping / Lúcio André de Castro Jorge, Onofre Trindade Júnior, Jaime Aguiar, Abimael Cereda Júnior. -- São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004.

17 p. -- (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n.08).

1. Web Mapping. 2. Processamento de imagens. 3. Mapeamento agrícola. 4. Geoprocessamento. 5. Reconhecimento de padrões. I. Trindade Júnior, Onofre. II. Jaime Aguiar. III. Abimael Cereda Júnior. IV. Título. V. Série.

CDD (21. Ed.) 005.428

© Embrapa 2004

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
WebMapping Agrícola	8
Monitoramento por imagens aéreas	9
Resultados do monitoramento agrícola por imagens aéreas no espectro visível	11
Conclusões	17
Referências Bibliográficas	17

Monitoramento Agrícola a Partir de Imagens Aéreas e WebMapping

Lúcio André de Castro Jorge¹

Onofre Trindade Júnior²

Jaime Aguiar³

Abimael Cereda Júnior⁴

Resumo

Os processos produtivos têm evoluído para uma nova forma de ver e avaliar os resultados e a utilização das novas tecnologias no campo. Em especial sistemas que permitem identificar, registrar e certificar as evoluções, resultados e retorno econômico de insumos ou sementes utilizadas.

Esta informação combinada com a geoinformação pode direcionar vistorias de campo durante o ciclo do cultivo ou em datas posteriores à colheita, possibilitando localizar e fornecer um diagnóstico preciso da área de cultivo. A partir daí, podem ser elaborados os mapas de recomendações: descompactação, fertilidade, aplicação de insumos em taxa variável, entre outros.

Uma das geoinformações mais importantes no monitoramento agrícola têm sido as imagens aéreas georreferenciadas. Estas, aliadas ao processamento rápido e a transformação da informação contida na imagem em mapas temáticos disponibilizados na WEB, através de técnicas de WebMapping, são certamente os fatores de sucesso no monitoramento agrícola.

Assim, no presente trabalho pretende-se apresentar uma solução que está sendo utilizada e validade na Embrapa Instrumentação Agropecuária para monitoramento agrícola por imagens aéreas e WebMapping..

¹ Engenheiro Eletricista, MSc, Embrapa Instrumentação Agropecuária, lucio@cnpdia.embrapa.br

² Engenheiro Eletricista, Prof. Dr, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação de São Carlos, ICMC-USP, otjunior@icmc.usp.br

³ Eng. Agrônomo, Reichert Agropecuária, jaime@reichert.com.br

⁴ Geógrafo, Mestrando em Engenharia Urbana, DECiv-UFSCar, abimaeljunior@yahoo.com.br

Agricultural Monitoring From Aerial Images And WebMapping

Lúcio André de Castro Jorge
Onofre Trindade Júnior
Jaime Aguiar
Abimael Cereda Júnior

Abstract

The productive processes have been developing for a new form of to see and to evaluate the results and the use of the new technologies in the field. Especially, systems that allow to identify, to register and to certify the evolutions, results and economical return of inputs or used seeds.

This combined information with the geoinformation can help field inspections during the cultivation cycle or in subsequent dates to the crop, making possible to locate and to supply a necessary diagnosis of the cultivation area. Since then, the maps of recommendations can be elaborated: compactation, fertility, application of inputs in variable rate, among others.

One of the most important geoinformation in the agricultural monitoring has been the aerial images with location. These, allied to the fast processing and the transformation of the information contained in the image in thematic maps available in the WEB, through techniques of WebMapping, are certainly the success factors in the agricultural management.

Therefore, the present work intends to show a solution that is being used and validity in Embrapa Agricultural Instrumentation for agricultural monitoring by aerial images and WebMapping..

Introdução

O monitoramento agrícola mais recente, que tem por necessidade intrínseca de informações georreferenciadas, se beneficia dos avanços da computação para análise e interpretação de grande quantidade de dados e imagens, à portabilidade de sistemas para obtenção confiável de dados, ao Sistema de Posicionamento Global (GPS) e aos meios de comunicação (dentre os quais se destaca a Internet), contribuindo para a sustentabilidade do meio-ambiente, aumento na produtividade e economia em insumos.

Se por um lado os dados geográficos podem ser manipulados hoje com alto nível de precisão, eficiência e rapidez, por outro um dos grandes entraves ainda encontrados é a dificuldade técnica operacional em relação ao uso de software/hardware, sendo a disseminação destes e a conversão dos dados em informação o grande desafio atual, principalmente para o Monitoramento Agrícola, englobando toda a cadeia envolvida (produtores e técnicos).

A utilização de ferramentas Web para Geoprocessamento, principalmente no que tange à questão de processamento, visualização e consulta dos dados e informações de forma remota a qualquer momento, vem à discussão e, apesar do grande alvoroço atual, a questão remonta ao grande *boom* da Internet no final da década de 90. Nesta, todas as atenções foram voltadas para a Internet e Sistemas Distribuídos (estando incluídos os Sistemas de Informações Geográficas Distribuídos), havendo investimentos maciços sob a tutela de gurus da área de TI (Tecnologia da Informação) profetizando o fim das aplicações off-line.

Tais sistemas se caracterizam pela interoperabilidade e pela representação visual cartográfica temática dos dados (lembrando que se abarcam não só mapas, mas representações visuais dos dados como gráficos e relatórios) de maneira flexível ao usuário final e transparente para o administrador do sistema, por não mais se apresentar na estrutura de hardware local isolado, e sim com um servidor central de informações com possibilidade de acesso remoto.

Desta forma, após a grande evolução dos Sistemas de Informações Geográficas, o desafio consiste em como permitir o acesso à informação geográfica ao maior número de usuários de maneira rápida, segura e a fim de atingir o objetivo principal da Cartografia Temática, a saber: um produto que transmita as informações através de mapas e simbologia apropriadas, para o público-alvo almejado, por exemplo, o agricultor e o seu agrônomo chefe.

Esta é uma das grandes vantagens dos chamados Sistemas de Informações Geográficas Distribuídos (SIGD), já que através desta tecnologia é possível disponibilizar funções e obter resultados para um público-alvo, familiarizado ou não com os SIGs tradicionais, tendo como único requisito acesso à Internet. As

soluções via Web permitem abrangência e flexibilidade muito maiores, incluindo até mesmo usuários com diferentes patamares de conhecimento técnico.

Devemos ressaltar, entretanto, que um sistema de WebMapping vai muito além de recursos comuns a sistemas de visualização de mapas como aproximação (zoom), ligar e desligar planos de informação (*layers*) ou disponibilizar um mapa sem critério algum estatístico de divisão de legendas. O grande diferencial, principalmente para o Monitoramento Agrícola, está na capacidade de integração das imagens terrestres e dados de coleta de campo, através, por exemplo, de PDAs (Personal Digital Assistant), bem como na análise das imagens aéreas gerando informação em tempo hábil para se preparar um mapa de aplicação de insumos em taxa variada, processado via Web e disponibilizado para cópia no formato requerido pelo equipamento aplicador.

De forma sintética, apresenta-se neste documento o processo de monitoramento agrícola por imagens aéreas e um sistema de WebMapping

WebMapping Agrícola

A implantação do WebMapping para monitoramento agrícola requer, antes de tudo, a mudança na forma de se pensar todo o ciclo informacional desta, desde a coleta de dados em campo até a geração dos produtos cartográficos.

Os dados georreferenciados podem vir de inspetorias de campo, através de sistemas PDAs com GPS e câmera acoplada, onde seriam obtidas informações básicas sobre a cultura, tipo de solo, doenças, pragas ou qualquer outra informação de interesse, bem como de medidores de produtividade, devendo ser estes descarregados num sistema de conversão e integração, preparando-os para o envio via Internet.

Outros tipos de dados, como o imageamento, podem ser adquiridos por meio de câmeras instaladas em aeronaves (Trindade Junior. et al., 2004a,b), gerando novos temas no sistema. Para cada imagem gera-se vários temas: palha, solo nu, cultura, invasoras etc.

Após o sincronismo, operação que possibilita a integração e transformação dos dados em um formato e modelagens comuns, os dados recebidos de diversas fontes podem ser enviados para o sistema de WebMapping adotado, sendo neste momento inseridos num Banco de Dados Geográfico.

Entretanto, coletas de dados georreferenciados, integração com formatos comuns e a publicação de mapas na Web não são suficientes para se definir um WebMapping. Deve ser este um sistema que além disto transforma os dados em informação, e esta sendo disponibilizada em linguagem cartográfica coerente com o público alvo final, ou seja, responsáveis técnicos pelo monitoramento.

Pode-se assim afirmar que as ferramentas e técnicas a seguir descritas são fundamentais e devem estar presentes nestes sistemas:

- Elaboração de Mapas Temáticos (Quantitativos e Qualitativos) referentes aos dados coletados;

Desta forma, os dados que estão georreferenciados terão sua representação gráfica em forma de mapas temáticos, representando a intensidade do evento ou mesmo a condição da região e/ou ponto que está sendo analisado.

- Classes dos Mapas elaboradas com critérios estatísticos adequados; Não basta somente a divisão das classes dos mapas de forma arbitrária, como “de 1 a 5, de 5 a 10”. É necessária a implementação de análises e cálculos que tratem os dados e os apresente da maneira mais condizente com a realidade não só pontual, mas também levando em consideração a espacialidade do dado, de forma otimizada.
- Consulta espacial restritiva, com acesso direto ao Banco de Dados, permitindo cruzar diferentes temas; O técnico responsável ou até mesmo o usuário final pode criar consultas espaciais com operadores como *contém*, *está contido*, entre outros, bem como operadores booleanos, permitindo assim a elaboração de mapas temáticos resultantes destas consultas, demonstrando a relação entre temas diferenciados, como palha e presença de ervas daninhas.
- Aplicação de Cálculos Estatísticos Espaciais e de Interpoladores de Dados; A aplicação de Cálculos Estatísticos Espaciais é possível a análise automatizada dos dados através de modelos já descritos e amplamente utilizados na bibliografia, gerando mapas, por exemplo, de diagnósticos e previsões. Além disto, com a utilização de interpoladores, torna-se possível estimar valores e mesmo gerar visualizações em três dimensões.
- Análise dos Dados em multi-temporalidade; Permite a análise através dos anos e safras dos diferentes temas gerados, sendo possível tal aplicação em um WebMapping bem modelado e baseado em metodologias de coleta de dados adequada.
- Exportação dos resultados em formato de dados padrão no mercado, ou que permita fácil importação em outros sistemas (sejam eles SIGs ou até mesmo máquinas agrícolas).

Monitoramento por imagens aéreas

Sensores remotos (que podem estar a bordo de aeronaves ou plataformas terrestres), em geral são desenvolvidos com um número específico de canais ou bandas. Esses sensores podem ser classificados em multiespectrais (em torno de 4 a 20 canais) ou hiperespectrais (possuindo algo em torno de 50 a 300 canais). Cada canal é responsável pela coleta de uma informação que está em um campo específico do espectro eletromagnético.

A figura 1 apresenta uma curva de refletância característica de uma cultura verde sadia com os respectivos comprimentos de onda.

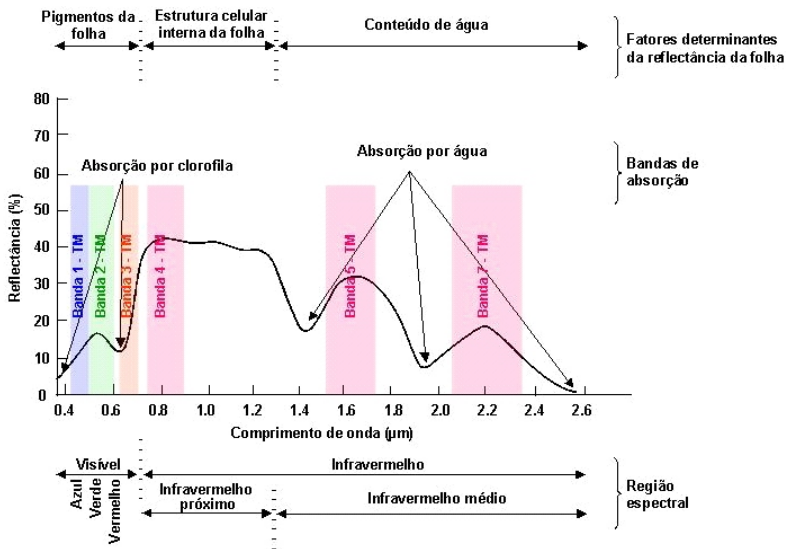


Figura 1: resposta espectral típica de uma vegetação verde sadia e a abrangência em comprimento de onda

Ao analisar o comportamento espectral da cultura do feijão, é possível constatar, como em quase todas as culturas, que os níveis digitais correspondentes a área da cultura aumentam no infravermelho próximo e médio, desde as fases iniciais (solo exposto), passando pelas intermediárias (solo exposto e massa verde) e pelas fases de vigor máximo (cobertura total do solo). O que diferencia uma cultura de outra é o quanto a refletância nos comprimentos de onda aumentam ou diminuem durante o seu desenvolvimento e quanto tempo leva para apresentar estas alterações. Além disso, ao realizar uma composição colorida, as culturas podem ficar com tons bem diferentes durante a fase de vigor máximo.

O uso de monitoramento por imagens é bem aceito entre os programas internacionais que utilizam as vantagens do mesmo para estatísticas agrícolas, pode ser citado o MARS (*Monitoring Agriculture with Remote Sensing*) da Comunidade Européia, lançado em 1989, e o programa norte-americano do Serviço de Estatística Agrícola Nacional (*National Agricultural Statistics Service NASS*) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Ambos os programas demonstram como o monitoramento pode ser utilizado de forma operacional para complementar, padronizar e interpretar os dados de estatísticas agrícolas realizadas por meio de técnicas convencionais, sendo o caminho mais promissor para o estabelecimento de um modelo de previsão de safras ou para

estimar área com as principais culturas agrícolas de uma forma mais ágil e objetiva.

Neste trabalho em específico foi feito o estudo de imagens aéreas no espectro visível apenas. Neste, é possível identificar vários problemas como indicativos de falhas de plantio, qualidade da semente, problemas nutricionais ou mesmo infestação por pragas e doenças.

Resultados do monitoramento agrícola por imagens aéreas no espectro visível

Várias são as possibilidades de monitoramento, como já citado. Durante o projeto de monitoramento da Embrapa Instrumentação Agropecuária, foram feitos testes em inúmeras culturas, dentre as quais se destacam a soja, milho, cana-de-açúcar, florestas e algodão.

Como o objetivo aqui é apresentar a forma de monitoramento e a sua disponibilização pela WEB, foi selecionado um exemplo. Para outros resultados deve ser consultado o sac@cnpdia.embrapa.br.

O primeiro passo neste tipo de trabalho é a obtenção do contorno do talhão a ser monitorado, como pode ser visto na figura 2. Este contorno pode ser obtido de forma automática ou mesmo percorrendo-se via terrestre com o GPS de navegação.

Depois de obtido os contornos dos talhões, é feito o planejamento da missão de captura de imagens como pode ser visto na figura 3. Ou seja, define-se a grade de amostragem. O ponto onde as fotos serão obtidos são dependentes da precisão do GPS utilizado na aeronave. Neste caso, utilizou-se a aeronave do projeto ARARA (Trindade Junior., et al. 2004a,b), com a precisão de 15 metros.

Na figura 3, podem ser vistos os pontos reais onde cada foto foi tirada. Para ser efetuada a captura e armazenamento de cada foto, define-se a precisão de captura tanto em longitude, latitude como altitude. Além disso, o sistema só obtém a imagem se a aeronave tiver inclinação menor que 5 graus.

Na figura 4 são apresentadas algumas fotos selecionadas obtidas no monitoramento.

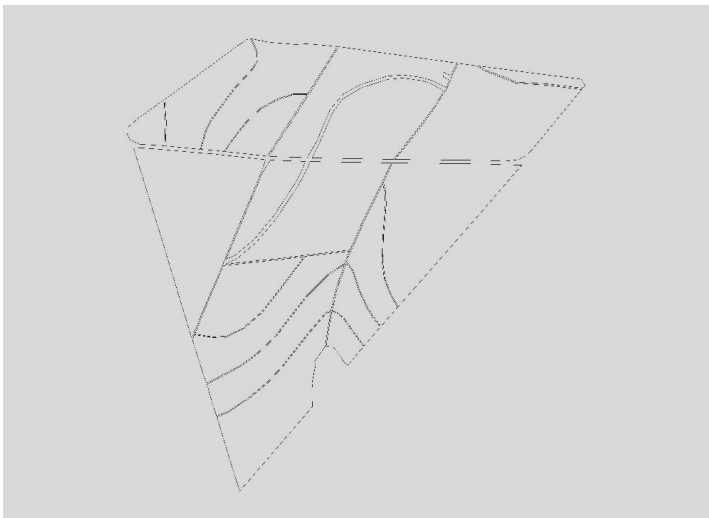


Figura 2: Mapa com talhões da fazenda

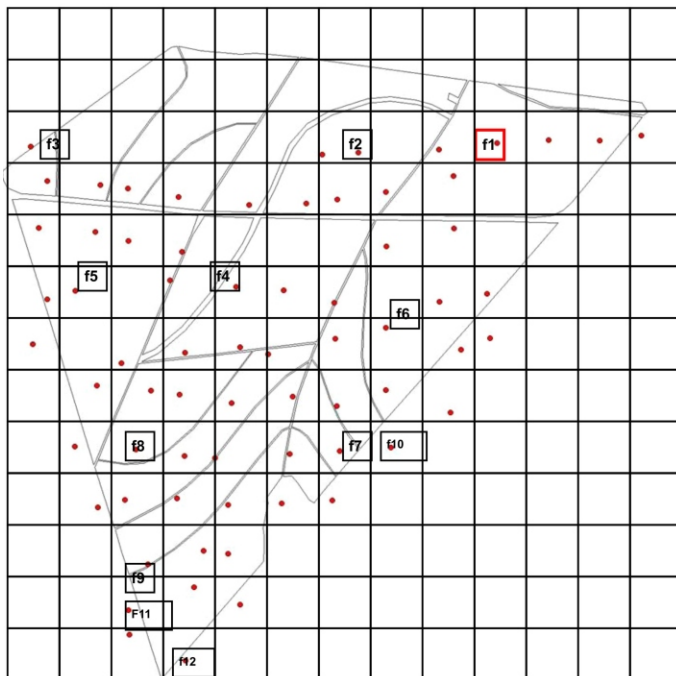
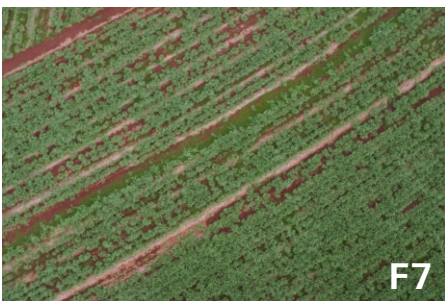
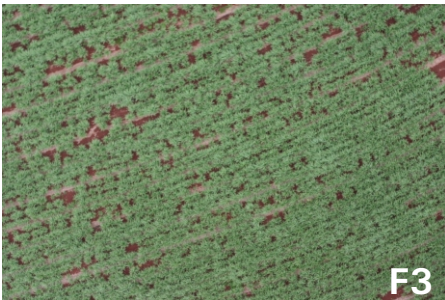
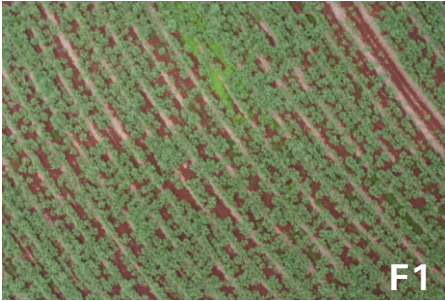


Figura 3: Grade amostral de imagens e as respectivas imagens e sua localização



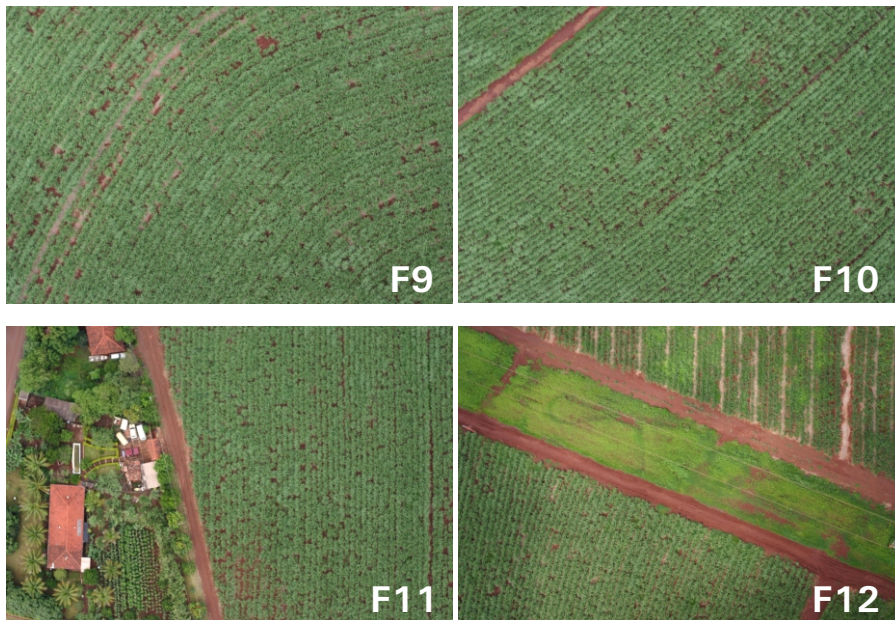
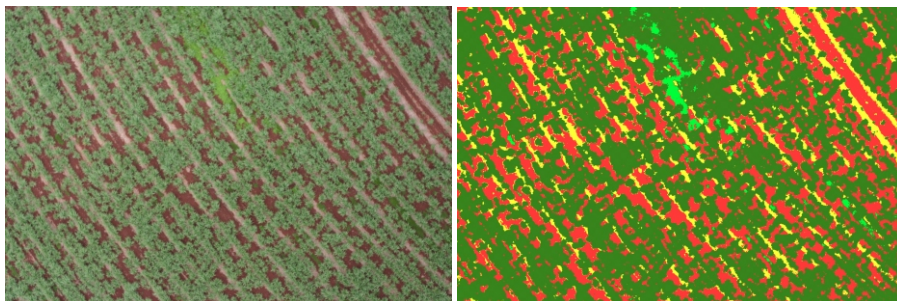


Figura 4: Monitoramento de falhas de plantio numa cultura de cana-de-açúcar

Depois de obtidas as fotos, as mesmas são processadas através do sistema de processamento desenvolvido por Jorge (2001). O resultado é a imagem processada e os respectivos índices. Na figura 5 pode-se ver a imagem F1 processada e os respectivos índices extraídos para cada classe analisada: cultura, invasoras, palha e solo nu.



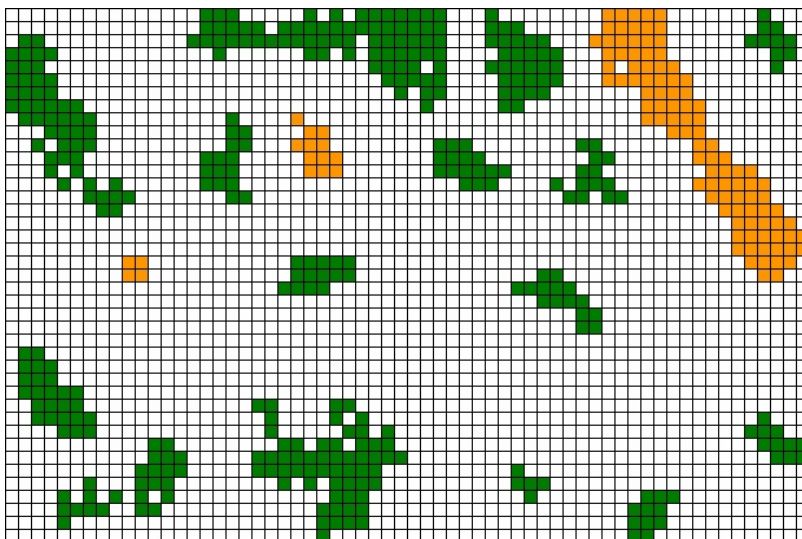
(a) Imagem original

(b) Processamento e classes

Classe	%
Cultura	65,5
Invasoras	1,2
Palha	7,8
Solo Exposto	25,5

Figura 5: Processamento de imagens e classes encontradas e seu respectivo índice

Além da segmentação realizada na imagem, é feito também um mapeamento estatístico que ajuda a selecionar as regiões de cada imagem onde se tem falha e produções significativas. Um exemplo para a imagem F1 pode ser visto na figura 6. Com cada imagem desta é então obtido um índice de uniformidade da cultura.



(a) mapeamento estatístico de falhas (laranja) e produção acima da média (verde) na foto

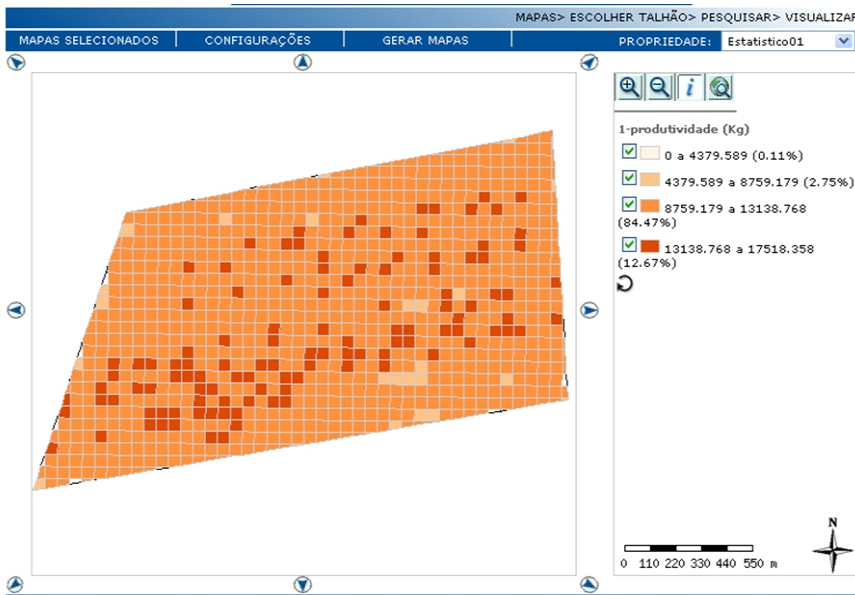
Area na Imagem %		
Producao Inferior	Producao Normal	Producao Superior
4,5	80,8	14,7

(b) cálculos de uniformidade da cultura

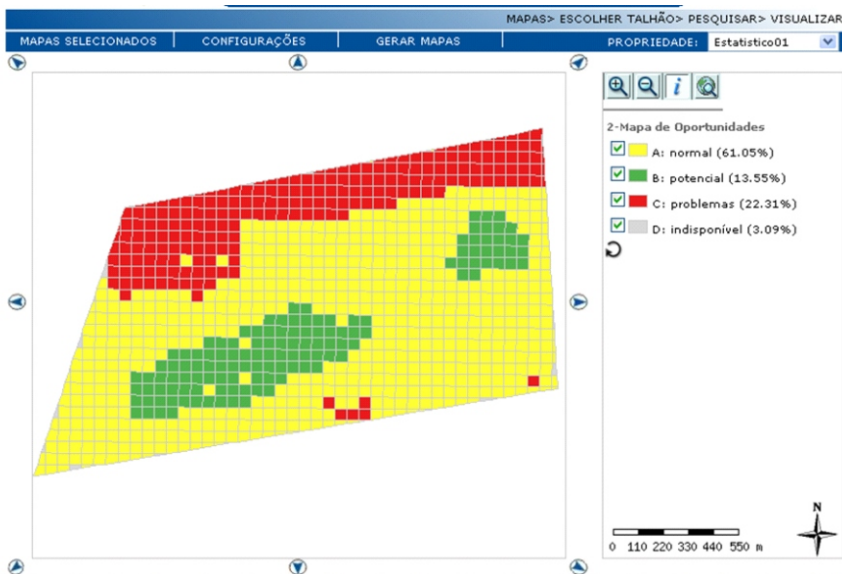
Figura 6: Mapa de uniformidade analisado por foto

Finalmente, após a obtenção dos índices por foto, é gerado o mapa do talhão na WEB, como pode ser visto na figura 7a.

Como a obtenção destes índices é realizada de forma automática pelo sistema desenvolvido, os mesmos são enviados para a WEB e em seguida o gerente agrícola pode ver os mapas temáticos e os respectivos mapeamentos de áreas de oportunidade para se tomar a ação correta, como é mostrado na figura 7b.



(a) mapa de produtividade com base na porcentagem de cultura



(b) mapa estatístico identificando as regiões críticas e as oportunidades

Figura 7: Resultados do WebMapping

Conclusão

O WebMapping para mapeamento agrícola não pode ser entendido somente como visualização de mapas na Internet ou análise dos dados sem uma finalidade, mas sim como um sistema que reúne funções e metodologias que geram novas informações. Podemos citar como melhoria no processo a criação de mapas de aplicação de insumos em taxa variável, o que permite uma grande economia e também uma agricultura mais sustentável; ou a investigação de uma área que o agricultor julgue necessária, utilizando como guia um PDA com GPS acoplado; e até mesmo a possibilidade do produtor e seu técnico em qualquer parte do mundo estarem consultando em tempo real a situação de sua propriedade, gerando mapas que serão consultados localmente pela equipe técnica responsável.

Desta forma, o WebMapping para monitoramento agrícola deve ser entendido como uma ferramenta que utiliza metodologias já consolidadas, auxiliando na gestão técnica, econômica e ambiental da propriedade. A utilização das imagens como indicativo, aumentam ainda mais o potencial de mapeamento da área. O correto é reconhecer a necessidade, problema ou os possíveis benefícios, fazer o levantamento dos dados a serem utilizados, e nestes casos as imagens são fundamentais.

Uma das maiores vantagens é a noção de informação global que um produtor pode ter de sua atividade agrícola, de fácil visualização e bem intuitiva, depois de tudo pronto. Isto se consegue através da geração de mapas de suas propriedade referentes a distribuição dos talhões de culturas, mapas de solos, informações sobre declividade, áreas de riscos para plantio ou melhores áreas para tal, índices de produção (obtidos pelo sistema apresentado, por exemplo), informações climatológicas, levantamentos topográficos, deficiência nutricional do solo, ataque de pragas e doenças, entre outras possibilidades.

Referências Bibliográficas

JORGE, L. A. de C. **Determinação da cobertura de solo em fotografias aéreas do Projeto ARARA**. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos.

TRINDADE JUNIOR., O. ; JORGE, L. A. C. ; AGUIAR, J. G. B. Using UAVs for precision farming: first results. In: AUVISI ´S UNMANNED SYSTEMS NORTH AMERICA, California, 2004. **Anais...** California: [s.n.], 2004a.

TRINDADE JUNIOR., O. ; JORGE, L. A. DE C. ; AGUIAR, J. G. B. Field of dreams using UAVs for precision farming. **Unmanned Systems**, Arlington, v. 22, n. 6, p. 35-36, nov-dez. 2004b.