

IMPORTANTE !!! ESTE TRABALHO FOI APROVADO E APRESENTADO NA FORMA DE PÔSTER NO SÉTIMO ECAECO MAS NÃO FAZ PARTE DOS ANAIS DO EVENTO.

A Visão Computacional no Agronegócio: Aplicações e Direcionamentos

Artigo Completo

Marcelo Rafael Borth (Instituto Federal de Mato Grosso do Sul / UCDB¹) marceloborth@gmail.com

Julio Cezar Iacia (Faculdades FIP-MAGSUL / UCDB) julioiacia@hotmail.com

Hemerson Pistori (UCDB - Universidade Católica Dom Bosco) pistori@ucdb.br

Clandio Favarini Ruviaro (UFGD - Univ. Federal da Grande Dourados) clandioruviaro@ufgd.edu.br

IMPORTANTE !!! ESTE TRABALHO FOI APROVADO E APRESENTADO NA FORMA DE PÔSTER NO SÉTIMO ECAECO MAS NÃO FAZ PARTE DOS ANAIS DO EVENTO.

Resumo:

O agronegócio é um setor de extrema importância mundial onde cada vez mais é preciso modernizar, evoluir e inovar visando maximizar os ganhos produtivos e financeiros. A agricultura de precisão tem auxiliado cada vez mais o agronegócio. Entretanto, ela é dependente de instrumentos que auxiliam na aquisição, tratamento e análise de dados. Nesse contexto, a visão computacional torna-se uma aliada ao manejo de cultura do agronegócio, visando trabalhar junto na análise e processamento de imagens. Este trabalho apresenta as principais aplicações e alguns direcionamentos da área da visão computacional aliada ao agronegócio, mostrando pontos positivos e negativos da técnica, aplicações existentes e avanços recentes de pesquisas da combinação dessas áreas.

Palavras-chave: Visão Computacional, Agronegócio, Agricultura de Precisão, Aplicações.

IMPORTANTE !!! ESTE TRABALHO FOI APROVADO E APRESENTADO NA FORMA DE PÔSTER NO SÉTIMO ECAECO MAS NÃO FAZ PARTE DOS ANAIS DO EVENTO.

1 Introdução

A busca constante por maior produtividade e qualidade dos produtos do agronegócio exige que empresários rurais utilize cada vez mais equipamentos tecnológicos para usar em suas atividades agrícolas, pecuárias e industriais, e aqueles que não usam a tecnologia a seu favor acabam perdendo espaço no mercado, uma vez que se tornam menos competitivos. De acordo com Silva e Batalha (2001) e Araújo et al. (2003), as características do agronegócio aumentam a complexidade de administrar empresas nesse segmento.

O agronegócio busca ajustar os produtos e processos à realidade internacional, que constitui reduzir custos e fornecer produtos com qualidade superior. Dessa forma, é exigido dos produtores rurais um grau de especialização e profissionalismo mais elevado, o que aumenta ainda mais a capacidade gerencial das empresas rurais. Em consonância a essa capacidade administrativa está a competência do produtor adquirir dados brutos e informações referentes à sua área produtiva com o objetivo de adaptar novas tecnologias à sua propriedade. Dessa maneira, é essencial ao produtor moderno ter eficiência na aplicação dos recursos disponíveis para assegurar o sucesso em suas atividades (STULL, et al. 2004; BERRY, et al. 2003; DOSSKEY, et al. 2005; KITCHEN, et al. 2005). Logo, pode ser essencial obter informações sobre os fatores que interagem na lavoura e de como elevar ao máximo seus efeitos.

Muitos são os sistemas aplicados na área do agronegócio para obter melhores resultados no aumento da produção, qualidade dos produtos, redução de desperdícios e, ainda, aqueles que auxiliam na tomada de decisão. Diante dos avanços tecnológicos dos últimos anos, surge cada vez mais a necessidade de criar processos que auxiliam as pessoas ou os gestores na busca por

¹ Inovação. Departamento de Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária. Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

IMPORTANTE !!! ESTE TRABALHO FOI APROVADO E APRESENTADO NA FORMA DE PÔSTER NO SÉTIMO ECAECO MAS NÃO FAZ PARTE DOS ANAIS DO EVENTO.

resultados mais rápidos em suas atividades, sejam na área da industrial, agropecuária, saúde, etc. Nesse contexto, a visão computacional é uma área da ciência que vem avançando e auxiliando na evolução e desempenho dos processos realizados pelo homem. A visão computacional é um conjunto de métodos e técnicas computacionais capaz de interpretar imagens e ajudar no processo de tomada de decisão a partir de identificação de padrões e interpretação de imagens, possibilitando, assim, gerenciar incertezas e sazonalidades, como os períodos de safra e entressafra.

Este artigo tem por objetivo apresentar as principais aplicações e direcionamentos da visão computacional diante da área do agronegócio. Inicialmente, é feita uma revisão bibliográfica sobre o conceito de visão computacional, suas principais características e etapas que compõem um sistema computacional. Na sequência, são apresentadas as principais aplicações de visão computacional no agronegócio bem como alguns desafios e perspectivas futuras. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

2 Visão Computacional

A visão computacional é uma área de pesquisa recente e responsável pela “visão” de uma máquina, extraíndo informações significativas, possibilitando reconhecer, manipular e analisar os objetos que compõem uma determinada imagem. A visão computacional tem a capacidade de extrair informações relevantes a partir de imagens capturadas por câmeras fotográficas, vídeos, sensores, entre outros dispositivos, para automatizar a tomada de decisão em um sistema, por exemplo (SHAPIRO et al., 2001). Tem como entrada de dados uma imagem e, como saída, a interpretação parcial ou total dessa imagem (MARENGONI et al., 2009).

Ademais, a visão computacional tem por objetivo reproduzir a capacidade de reconhecimento de imagens a partir de diversas técnicas computacionais, partindo de imagens e chegando a modelos matemáticos. A fim de aprimorar as imagens captadas e geradas pesquisadores criaram técnicas com o objetivo de recuperar a forma tridimensional, bem como da aparência de objetos em imagens (SZELISKI, 2010). Em um exemplo comum, um ser humano é capaz de identificar cada característica ou objeto muito facilmente. A visão computacional busca chegar a esse nível, porém anda a passos lentos, devido às dificuldades existentes que podem interferir na interpretação de uma cena, por exemplo, iluminação, contraste, posicionamento correto do objeto, ângulo de obtenção da imagem, além de outros fatores externos que dificultam a interpretação de um objeto (WEEKS et al., 1996; RUSS, 1995; YANG et al., 2000; CHENG et al., 2000). Conforme afirma Szeliski (2010), a visão computacional tenta descrever o mundo que vemos a partir das propriedades das imagens.

A visão computacional é uma área de pesquisa que pode incluir métodos de aquisição de imagens, pré-processamento, segmentação, extração de atributos ou características e reconhecimento de padrões. As soluções computacionais da visão computacional são baseadas em técnicas de processamento e análise de imagens, as quais permitem extrair informações a partir de imagens (GONZALEZ et al., 2007; TRUCCO et al., 1998; FAUGERAS, 1993; HARTLEY et al., 2004; FORSYTH et al., 2012). Essa é uma área que são desenvolvidos vários algoritmos com o objetivo de obter informações a partir de imagens, visando automatizar tarefas que são realizadas normalmente pela visão humana. As técnicas aplicadas no processamento e análise de imagens possibilitam extrair informações visuais como, forma, cor e textura, com o objetivo de identificar características das imagens para a utilização em um sistema de reconhecimento de padrões.

A seguir são apresentadas algumas das etapas de um sistema de visão computacional.

2.1 Aquisição da imagem

A etapa de aquisição de imagens é o primeiro passo no sistema de visão computacional e caracteriza-se pela captura, armazenamento e transmissão de uma imagem. Essa etapa pode ser realizada com instrumentos de diversos tipos como, por exemplo, câmaras digitais, celulares, smartphones, tablets, infravermelho, câmeras de segurança normais ou térmicas, scanners, placas digitalizadoras, webcams, câmeras para 3D, satélites, ressonância magnética, tomografia computadorizada, *Polymerase Chain Reaction* (PCR), raio-x, ultrassonografia, microscópio, telescópio, visão em 360° como o *Google Car*, etc. Dependendo da resolução da imagem, é possível desenvolver trabalhos de baixo custo com resultados apurados para aplicações diversas. No processo de formação da imagem temos a relação com o dispositivo de captura, pode-se mencionar: o tipo de sensor, a lente utilizada, a iluminação, a velocidade de aquisição, a resolução e o número de níveis de cinza da imagem digitalizada, dentre outros. Essa etapa produz como saída uma imagem digital formada por vários pixels, a qual pode estar em diversos formatos de arquivos como, jpg, png, raw, etc.

2.2 Pré-processamento

A etapa do pré-processamento deve ser realizada para aprimorar a qualidade da imagem, uma vez que tem por objetivo reduzir ruídos ou imperfeições que são inerentes ao processo de aquisição da imagem, tais como: melhoramento da imagem, remapeamento de pixels, redução de pixels ruidosos, correção geométrica, restauração, reconstrução, correção de contraste, brilho, iluminação, distorções e nitidez (RUSS, 1995). A função dessa etapa é aprimorar a imagem para as etapas subsequentes.

2.3 Segmentação

Na etapa de segmentação o objetivo é separar a imagem em regiões de seu interesse baseando-se no problema a ser resolvido, como a separação da região do objeto e o fundo da imagem. Em alguns casos, problemas que envolvem contar ou reconhecer vários objetos, a etapa de segmentação além de separar os elementos irrelevantes separa também os objetos de interesse em regiões distintas. O número de segmentos a ser criado nessa etapa é dependente do problema a ser resolvido e corresponde às unidades estruturais da cena (RUSS, 1995; LIU et al., 2000).

2.4 Extração de atributos ou características

A precisão de um classificador automático está relacionado diretamente com a qualidade da extração de características, uma vez que o sistema deve ser capaz de distinguir diferentes imagens dos objetos, é essencial ter bons critérios para escolha das características das imagens, pois são resultados que descrevem a imagem. Portanto, em geral, quanto melhor a representação da imagem, melhor os resultados apresentados pelo classificador. Algumas características comumente utilizadas pelos sistemas de visão computacional são: cor, forma, tamanho, textura, componentes principais e pontos de interesse obtidos por algoritmos como o *Speeded-Up Robust Features* - SURF (BAY et al., 2006) e *Scale-Invariant Feature Transform* - SIFT (LOWE, 2004; LINDBERG, 1998) que se tornaram muito populares nessa área pelos bons resultados apresentados em diversos tipos de problemas de detecção de objetos. Essas técnicas são robustas por utilizar um conjunto de descritores com alto poder discriminatório das suas características, uma vez que utilizam técnicas que detectam os pontos de interesse na tentativa

de ser invariante a rotação, translação, escala, perspectiva, alterações inerentes as condições de iluminação e a existência de ruídos gerados no processo de aquisição da imagem.

2.5 Reconhecimento de padrões

Reconhecer significa identificar algo novamente, e isso implica em um procedimento onde já existe algum conhecimento a priori e também algum tipo de conhecimento armazenado sobre o objeto (MARENGONI, 2009). Está relacionada a encontrar padrões ou regularidades em imagens, porém antes que o reconhecimento ocorra, o padrão deve ser detectado. O reconhecimento de objetos, faces, cenas, defeitos, estruturas ou qualquer tipo de coisa que possa ser classificada de alguma forma em uma imagem é uma das principais tarefas de visão computacional e está relacionado diretamente com o reconhecimento de padrões. Esse objeto pode ser definido por mais de um padrão como, textura, forma, cor, dimensão, etc. Assim, o alvo a ser reconhecido pode já estar isolado em uma única imagem ou ocorrer juntamente com outros objetos e nesse caso, além de reconhecer, há a tarefa de detectar uma ou mais ocorrências do alvo na imagem. Logo, reconhecer individualmente os padrões pode ajudar o reconhecimento do objeto como um todo.

Em geral, a visão computacional pode resolver problemas de qualquer área de pesquisa que envolva imagem. Atualmente, é usada em uma grande variedade de aplicações, tais como: reconhecimento de caracteres, reconhecimento de objetos, sensores de movimento, segurança automotiva, vigilância, reconhecimento da íris humana, reconhecimentos de impressões digitais, biometria, controle de qualidade de produtos como couro e madeira, robótica, medicina, agricultura de precisão, dentre outros.

3 Aplicações de Visão Computacional no Agronegócio

A seguir são apresentadas algumas aplicações da visão computacional para o desenvolvimento e avanço do agronegócio.

3.1 Agricultura de Precisão

A agricultura de precisão está associada à utilização de equipamentos de alta tecnologia para avaliar ou monitorar condições específicas em uma determinada área de uma propriedade. Ela fornece alternativas aos produtores para maximizar o rendimento e lucratividade, enquanto que ao mesmo tempo proporcionará uma redução do impacto ambiental (BRAMLEY, 2009; FOUNTAS et al., 2005; GRIFFIN, et al., 2004; ZHANG et al., 2000). A agricultura de precisão é uma filosofia que parte de informações exatas e se completa com tomada de decisões precisas (WHELAN et al., 2000; GREEN et al., 2005; ZHANG et al., 2000; DABERKOW et al., 2003). É uma forma de gerenciar o campo produtivo precisamente, considerando que cada área de uma propriedade possui características diferentes. Dessa forma, torna-se possível aplicar os insumos no local correto, no momento certo, com as quantidades exatas a partir das características daquele terreno ou produção.

A agricultura de precisão pode usar várias características do ambiente como, o tipo de solo, armazenamento de água, o teor de nutrientes, o pH, a matéria orgânica, declive, exposição ao sol, existência de pragas e/ou doenças. Por exemplo, um sistema de pulverização poderia identificar as plantas e suas necessidades, acionando precisamente os bicos (abrindo e fechando) na aplicação de determinado insumo.

A visão computacional pode ser aplicada na agricultura em alguns dos seguintes campos de atuação, porém não restritos a: classificação e seleção de produtos agrícolas, sementes e frutos; robotização da colheita; posicionamento de implementos agrícolas; direção e navegação autônoma; identificação de doenças, pragas, plantas daninhas; análise da planta e nível de dano foliar causado por pragas e doenças; automação de processos agrícolas: automação de processos por meio do uso de sensores, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfico; sistemas de posicionamento e orientação em campo aberto; sistemas embarcados; tecnologias de aplicação de insumos a taxa variada; e, fusão de sensores.

3.2 Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)

O agronegócio está cada vez mais à frente de novas tecnologias para aperfeiçoar seu sistema de produção e ter mais precisão nas aplicações que beneficiem a produção e cultivo de grãos. Diante disso, a visão computacional possui como aliada uma das mais novas tecnologias para interagir com a agricultura utilizando veículos aéreos não tripulados (VANTs). Os VANTs são utilizados por várias instituições do território nacional como, a aeronáutica, o exército, a marinha, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Centro de Pesquisa Renato Archer (CenPRA), ações policiais, operações de fiscalização de fronteiras da Polícia Federal ou pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPN) em áreas de mineração, empresas privadas, etc. Para utilizar os VANTs no agronegócio é necessário coletar as imagens, processá-las e analisá-las com ajuda do computador a fim de, posteriormente, serem aplicadas técnicas de visão computacional para alcançar o objetivo de agir exatamente onde há problemas.

É possível encontrar VANTs de diferentes modelos, finalidades e tamanhos. Atualmente, os VANTs estão sendo mais requisitados que imagens de satélites em virtude de seu fácil acesso, custo operacional bem reduzido e maior precisão. Utilizar VANTs possui outras vantagens como, facilidade na operação, risco bem reduzido às pessoas, animais e edificações, voar abaixo das nuvens, além disso, é possível utilizar em menores altitudes e espaços reduzidos. As desvantagens, por sua vez são: menor estabilidade e autonomia de voo. Essas 2 características devem ser bem gerenciadas quando utilizado um VANT. O uso dessa tecnologia não veio para substituir satélites e aviões, mas sim para complementar e aprimorar limitações dessas abordagens (HERWITZ et al., 2004).

O uso dos VANTs aliados com técnicas de visão computacional pode ser útil em diversos tipos de operações como, por exemplo, vigilância, reconhecimento, monitoramento agrícola e ambiental, transporte de carga, etc. Na agricultura, pode ser útil de diversas formas, por exemplo: na aplicação de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, pois a utilização de VANTs na aplicação desses agentes químicos prejudicaria menos o meio ambiente em vez de utilizar os veículos aéreos tradicionais, uma vez que é possível diminuir a dosagem em locais sensíveis, como margens de terreno, próximas à fauna e a flora (COSTA et al., 2012); na detecção mais rápida de pragas, doenças e deficiências em geral, uma vez que eles podem operar em altitudes mais baixas que os veículos aéreos tradicionais, capturando imagens com resolução muito elevada (de alguns centímetros ou milímetros), possibilitando a identificação de pragas muitos antes de se alastrarem na plantação, realizando um trabalho de prevenção ativa periódica; no controle de produção agrícola, fornecendo um mapeamento completo da área do agricultor (até de áreas inacessíveis), mostrando até áreas específicas em que ele pode intensificar a produção, ou seja, onde hajam falhas, parcelas da lavoura que contém falta de água, áreas que podem estar produzindo regularmente, etc. Além disso, eles são uma opção que oferece a melhor relação custo-benefício ao agricultor. Herwitz et al. (2004) afirmam que existem vários aspectos de manejo da cultura que podem se beneficiar de observação aérea a partir de VANTs.

Portanto, a agricultura, base da economia brasileira, tende a ser cada vez mais dependente da tecnologia, visando a agricultura de precisão. Assim, as imagens obtidas pelos VANTs aliadas às técnicas de visão computacional podem trazer resultados satisfatórios desde o plantio até a colheita, uma vez que as informações geradas são importantes na tomada de decisão. Apesar do seu potencial, o uso de VANTs ainda é incipiente, havendo a necessidade de mais pesquisas e desenvolvimento para se obter sua utilização em larga escala.

3.3 Sistemas de Informações Geográfico (SIG)

Várias pesquisas direcionadas na reconstrução de estruturas arquiteturais a partir de imagens tem sido relevante e bastante pesquisado na área da visão computacional e Sistemas de Informações Geográficos (SIG). O aproveitamento desse estudo permite automatizar trabalhos manuais e facilitar as análises complexas por meio da integração de dados de diversas fontes e da concepção de um banco de dados com dados geográficos com coordenadas. Sistemas para esse objetivo são chamados de Sistemas de Informações Geográficos (GARDELS, 1996), os quais podem ter recursos técnicos para manipular, analisar, interpretar e expor dados espaciais relacionados à algum território. À vista disso, seria possível recuperar dados especializados de um banco de dados para compor um mapa, gerando informação de rápida visualização (PAZOLINI et al., 2013).

Um exemplo de aplicação usando um SIG e a visão computacional é o trabalho realizado por PEREIRA (2013). O objetivo era criar um solução computacional baseada em visão computacional para a classificar áreas cafeeiras a partir de imagens de satélite, para identificar e mapear o uso e ocupação da terra, estimando a percentagem de cobertura do solo. Outro exemplo é o trabalho realizado por Delgado et al. (2012). Nesse trabalho, foi usado o classificador a partir de árvores de decisão, em dados provenientes de sensores orbitais para identificar o total da área plantada com cana-de-açúcar em diferentes épocas de plantio. Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, permitindo uma análise temporal do uso e ocupação do solo, especialmente com vistas a identificar e monitorar as áreas agrícolas. O sistema mostrou-se eficiente no mapeamento da cultura da cana-de-açúcar e no direcionamento da amostragem e observações de campo. Há também o monitoramento de animais para diversas atividades como, pastejo, ruminção, descanso, dentre outros, em que a análise do rastreamento por meio de imagens pode tornar uma ferramenta fundamental na identificação dos componentes preferidos na dieta de animais, além de possibilitar rastrear as áreas de preferência.

Outros trabalhos podem ser citados a exemplos recentes do uso de imagens de satélites integradas a um SIG e a visão computacional, como o de mapeamento e estimativa de área de soja (RIZZI et al., 2005) e de cana-de-açúcar (RUDORFF et al., 2005). As técnicas de visão computacional aplicadas à agricultura são também uma ferramenta que oferece grandes vantagens na obtenção de dados e que possibilitam gerar séries temporais representadas em mapas, separadas por região de estudo, facilitando a comparação entre elas.

3.4 Análise da Área Foliar Danificada

Na agricultura, várias são as dificuldades envolvidas no manejo de pragas na lavoura independente do tipo de cultura. Um dos tipos de ataque de pragas ocorre diretamente nas folhas o que pode prejudicar a produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia química (FAVARIN et al., 2002). A partir da detecção da área foliar atacada é possível identificar a perda de rendimento potencial da

cultura, bem como quantificar os danos causados por pragas e doenças (TAVARES-JUNIOR et al., 2002).

A detecção precisa da área foliar danificada é fundamental para a determinação de medidas de controle do cultivo e, geralmente, quando realizada é demorada e imprecisa. Para evitar esse tipo de problema e possibilitar maior ganho na produção existem alguns trabalhos que fazem a detecção da área foliar danificada através de imagens digitais para o cultivo da soja (NAZARÉ-JUNIOR et al., 2009; MORGADO et al., 2013), milho (SANTOS, 2009; STAHNKE et al., 2013), cafeeiro (FAVARIN, 2002), dentre outras.

3.5 Controle de Qualidade de Alimentos

Para analisar a qualidade dos alimentos, a cor é o primeiro atributo de qualidade dos alimentos avaliada pelos consumidores e é, portanto, um importante componente da qualidade alimentar relevante para aceitação no mercado. Nos alimentos, a aparência é o principal critério na escolha de compra dos consumidores (KAYS, 1991). A aparência dos produtos é avaliada considerando seu tamanho, forma, cor e ausência de defeitos visuais (COSTA et al., 2011).

Hoje em dia, todas as áreas que dependem de controle de qualidade a partir de imagens são aliadas à visão computacional. É uma área de pesquisa que conta com métodos de inspeção de medição de cor de forma não destrutiva, não intrusiva e rápida computacionalmente. Se implementado em linhas de processamento, pode proporcionar inspeção precisa e aumentar o rendimento no processo de produção e embalagem (WU et al., 2013). Para o controle de qualidade visual, é possível inspecionar os mais variados alimentos. As aplicações podem envolver laranja, tomate, frutos em geral, sementes, carne de boi, porco, frango, peixe, laranjas, uva para o vinho, batatas, trigo, banana, etc. Para mais detalhes ver o trabalho de Wu e Sun (2013), onde é feita uma revisão bibliográfica sobre as principais aplicações de controle da qualidade a partir da cor dos alimentos usando a visão computacional.

3.5 Outros Tipos de Aplicações

Para exemplificar outras áreas que a visão computacional pode ser aproveitada no agronegócio são listados alguns trabalhos:

- Detecção de defeitos em pele de couro bovino (AMORIM et al., 2010);
- Projeto para inspeção visual automática da qualidade de feijão (PIRES, 2012);
- Sistema de inspeção visual automática aplicado ao controle de qualidade de ovos em linhas de produção (MACHADO, 2009);
- Identificação de defeitos em bananas analisando sua textura (TEZUKA, 2009);
- Análise de cenas de pomares de laranjeiras (CAVANI, 2007); e,
- Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de estresse e conforto térmico (RODRIGUES, 2006).

São conhecidas algumas vantagens e desvantagens em se utilizar a visão computacional nas aplicações (BROSNAN et al., 2004; DU et al., 2004; GUMUS et al., 2011), as quais incluem:

- Rapidez, precisão e eficiência;
- Possibilidade de fornecer alta resolução espacial, analisando cada pixel da superfície de um produto, extraíndo maior quantidade de características das cores, independente de irregularidades;
- Automação de tarefas tediosas e subjetivas envolvendo humanos; e,

- Disponibilidade de ter resultados rápidos e a possibilidade do armazenamento de dados para posterior análise, salvando as imagens.

Por outro lado, as desvantagens também são expostas (BROSNAN et al., 2004; GUMUS et al., 2011):

- Dificuldades de realizar a segmentação em imagens quando há a sobreposição de objetos ou, quando os dois lados do alimento precisam ser analisados; e,
- Exigência de calibração e configuração da câmera fotográfica e, uma iluminação consistente onde a intensidade da luz, espectro e direção são controlados.

4. Considerações Finais

A elevação dos custos de produção, as exigências dos mercados por alimentos mais seguros e rastreáveis, preocupação crescente com a contaminação ambiental e as mudanças climáticas são fatores que têm contribuído para intensificar os avanços da agricultura de precisão incluindo aplicações da visão computacional na agricultura. Dessa forma, a multidisciplinaridade e os avanços da computação possibilitam novas práticas agrícolas e abrem a oportunidade para inserção de sistemas cada vez mais automatizados na agricultura de precisão. Dessa forma, percebe-se que o avanço e crescimento da agropecuária está dependente do avanço tecnológico.

Frente a essa realidade, é possível unir os recursos computacionais e equipamentos eletrônicos para aumentar o número de informação a serem cruzadas. O impacto positivo pode ser significativo também no controle de processos como, por exemplo, na pulverização e irrigação, as quais podem ser auxiliadas por sensores sem fio, monitorando as plantas, o solo e o ambiente com informações de espaço em tempo real (NAIME et al., 2011).

O futuro tende a ser muito promissor e favorável na interação dessas áreas, principalmente para explorar a sustentabilidade da produção agropecuária. Os equipamentos de alta tecnologia tendem a reduzir o preço; o nível educacional dos agricultores e trabalhadores do meio tendem a se elevar, viabilizando cada vez mais o apoio técnico especializado; e, o surgimento e crescimento de empresas no ramo de aluguel de equipamentos e máquinas agrícolas (SONKA et al., 1997; OLSON et al., 1995; FRESCO et al., 1995).

Agradecimentos

Agradecimentos ao apoio financeiro fornecido pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

AMORIM, W. P.; PISTORI, H.; PEREIRA, M. C.; JACINTO, M. A. C. **Attributes Reduction applied to Leather Defects Classification**. In: 23rd SIBGRAPI - Conference on Graphics, Patterns and Images, Gramado, RS, 2010.

ARAÚJO, MASSILON J. **Fundamento de Agronegócio**. São Paulo: Atlas, 2003.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MOLDEN, D. J.; MAKIN, I. W. **Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications**. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.46, p.137-155, 2000

- BAY, H.; TUYTELAARS, T.; VAN GOOL, L. J. **SURF: Speeded-Up Robust Features**. In: ECCV, p.404–417, 2006.
- BERRY, J. K.; DELGADO, J. A.; KHOSLA, R.; PIERCE, F. J. **Precision conservation for environmental sustainability**. Journal of Soil and Water Conservation 58, pp.332-339, 2003.
- BRAMLEY, R. G. V. **Lessons from nearly 20 years of Precision agriculture research, development, and adoption as a guide to its appropriate application**. Crop and Pasture Science, 60 (3), pp. 197-217, 2009.
- BROSNAN, T.; SUN, D. W. **Improving quality inspection of food products by computer vision - a review**. Journal of Food Engineering, v.61, pp. 3-16, 2004.
- CAVANI, F. A. **Análise de cenas de pomares de laranjeiras através de segmentação de imagens e reconhecimento de padrões**. Dissertação de Mestrado. USP. São Carlos-SP, 2007.
- CHENG, H. D.; XU, H.X. **A novel fuzzy logic approach to contrast enhancement**. Pattern Recognition, vol.33, pp. 809-819, 2000.
- COSTA, C.; ANTONUCCI, F.; PALLOTTINO, F.; AGUZZI, J.; SUN, D. W.; MENESATTI, P. **Shape analysis of agricultural products: a review of recent research advances and potential application to computer vision**. Food and Bioprocess Technology, 4, pp.673-692, 2011.
- COSTA, F. G.; UEYAMA, J.; BRAUN, T.; PESSIN, G. OSÓRIO, F. S.; VARGAS, P. A. **The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor network in agricultural applications**. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), IEEE International, pp. 5045-5048, 2012.
- DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. D. **Farm and operator characteristics affecting awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US**. Precision Agriculture 4, pp.163-177, 2003.
- DELGADO, R. C., SEDIYAMA, G. C.; COSTA, M. H.; SOARES, V. P.; ANDRADE, R. G. **Classificação espectral de área plantada com a cultura da cana-de-açúcar por meio da árvore de decisão**. Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, vol. 32, no. 2, mar/abr, 2012.
- DOSSKEY, M. G.; EISENHAUER, D. E.; HELMERS, M. J. **Establishing conservation buffers using precision information**. Journal of Soil and Water Conservation 60(6), pp.349-354, 2005.
- DU, C. J.; SUN, D. W. **Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation**. Trends in Food Science & Technology, v.15, pp. 230-249, 2004.
- FAUGERAS, O. **Three-dimensional computer vision: a geometric viewpoint**. MIT Press, 1993.
- FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A. G.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. **Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, V.37, n.6, pp.769-773, jun., 2002.

FORSYTH, D. A.; PONCE, J. **Computer Vision: A Modern Approach**. 2nd Edition. Prentice Hall, 2012.

FOUNTAS, S.; BLACKMORE, S.; ESS, D.; HAWKINS, S.; BLUMHOFF, G.; LOWENBERG-DEBOER, J.; SORENSEN, C. G. **Farmer experience with precision agriculture in Denmark and the US Eastern Corn Belt**. Precision Agriculture 6 (2), 2005.

FRESCO, L. O. **Agro-ecological knowledge at different scales**. In Eco Regional Approaches for Sustainable Land Use and Food Production. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher, pp. 133-141, 1995.

GARDELS, K. **The Open GIS Approach to Distributed Geodata and Geoprocessing**. In: Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, N.M., 1996.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, E. R. **Digital Image Processing**. 3rd Edition. Prentice Hall, 2007.

GREEN, R. E.; CORNELL, S. J.; SCHARLEMANN, J. P. W.; BALMFORD, A. **Farming and the Fate of Wild Nature**. Science 307, pp. 550-555, 2005.

GRIFFIN, T. W.; LOWENBERG-DEBOER, J.; LAMBERT, D. M.; PEONE, J.; PAYNE, T.; DABERKOW, S. G. **Adoption, profitability, and making better use of precision farming data**. Staff Paper. In: Department of Agricultural Economics, Purdue University, 2004.

GUMUS, B.; BALABAN, M. O.; UNLUSAYIN, M. **Machine vision applications to aquatic foods: a review**. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v.11, pp. 167-176, 2011.

HARTLEY, R.; ZISSERMAN, A. **Multiple View Geometry in Computer Vision**. Cambridge University Press, 2004.

HERWITZ, S. R.; JOHNSON, L. F.; DUNAGAN, S. E.; HIGGINS, R. G.; SULLIVAN, D. V.; ZHENG, J.; LOBITZ, B. M.; LEUNG, J. G.; GALLMEYER, B. A.; AOYAGI, M.; SLYE, R. E.; BRASS, J. A. **Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support**. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 44, Issue 1, July 2004, Pages 49–61.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A.; MYERS, D. B.; MASSEY, R. E.; SADLER, E. J.; LERCH, R. N.; HUMMEL, J. W.; PAL, H. L. **Development of a conservation-oriented precision agriculture system: Crop production assessment and plan implementation**. Journal of Soil and Water Conservation 60:421-430. 2005.

LINDEBERG, T. **Feature detection with automatic scale selection**. International Journal of Computer Vision 30, v.38, n.10, p.20–30, 1998.

LIU, X.; WANG, D.; RAMIREZ, J. R.; **Boundary detection by contextual non – linear smoothing**. Pattern Recognition; vol. 33, 2000, p.263- 280.

LOWE, D. G. **Distinctive image features from scale-invariant keypoints**. International Journal of Computer Vision, v.3627, n.12, p.91–110, 2004.

MACHADO, D. S. **Sistema de inspeção visual automática aplicado ao controle de qualidade de ovos em linhas de produção.** Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte–MG, 2009.

MARENGONI, M.; STRINGHINI D. **Introdução a visão computacional usando openCV.** RITA, v.XIII, n.1, 2009.

MORGADO, M. A. D. O., BRUCKNER, C. H., ROSADO, L. D. S., ASSUNÇÃO, W., & DOS SANTOS, C. E. M. **Estimação da área foliar por método não destrutivo, utilizando medidas lineares das folhas de espécies de Passiflora.** Revista Ceres, Viçosa, v.60, n.5, pp. 662-667, set/out, 2013.

NAIME, J. D. M.; CAMARGO NETO, J.; VAZ, C. **Avaliação geral, resultados, perspectivas e uso de ferramentas de agricultura de precisão.** Embrapa Informática Agropecuária. Capítulo em livro técnico-científico (ALICE), 2011.

NAZARÉ JÚNIOR, A. C.; MENOTTI, D.; NEVES, J. M. R.; SEDIYAMA, T. **Detecção Automática da Área Foliar Danificada da Soja através de Imagens Digitais.** In: Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI), 2009.

OLSON, R. K.; FRANCIS, C. A.; KAFFKA, S. **Exploring the Role of Diversity in Sustainable Agriculture.** Wisconsin-Madison. American Society of Agronomy, 1995.

PAZOLINI, T. U.; SILVA, E.; SCOTTON, G. C.; CARVALHO, A. W.; LOPES, B. F. G.; FROES, G. **Representação de Fenômenos Geográficos com apoio de Sistemas de Informação Geográfica.** In: XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina: Reencuentro de Saberes Territoriales Latinoamericanos. Journal of Investigaciones Geográficas (Mx), n.81, 2013.

PEREIRA, L. A. A. **Classificação automática de áreas cafeeiras em imagens de satélite, utilizando Redes Neurais Artificiais.** Dissertação de Mestrado. Lavras – MG. UFLA, 2013.

PIRES, A. C. **Protótipo para inspeção visual automática da qualidade de feijão: concepção, desenvolvimento e análise de custos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção. UNINOVE, 2012.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. **Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat.** Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v.57, n.3, p.226-234, 2005.

RODRIGUES, V. C. **Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de estresse e conforto térmico utilizando a Visão Computacional e Inteligência Artificial.** Dissertação de Mestrado em Agronomia. USP. São Paulo, 2006.

RUDORFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V.; XAVIER, A. C.; ROSA, V. G. C.; SHIMABUKURO, Y. E. **Imagens de satélites no mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo: ano safra 2003/2004.** Agricultura em São Paulo, São Paulo, v.52, n.1, p.21-39, jan/jun. 2005.

RUSS, J. C. **The Image Processing Handbook.** 2nd Edition, CRC, 1995.

- SANTOS, A. P. O. **Desenvolvimento de Descritores de Imagens para Reconhecimento de Padrões de Plantas Invasoras (Folhas Largas e Folhas Estreitas)**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de São Carlos, 2009.
- SHAPIRO, L.; STOCKMAN, G. **Computer vision**. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- SILVA, A. L.; BATALHA, M. O. **Marketing estratégico aplicado ao agronegócio**. In: BATALHA, M. O. (Org.). *Gestão Agroindustrial*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- SONKA, S.T., BAUER, M.E., CHERRY, E.T., COLBURN, J.W., HEIMLICH, R.E., JOSEPH, D.A., LEBOEUF, J.B., LICHTENBERG, E., MORTENSEN, D.A., SEARCY, S.W., USTIN, S.L., VENTURA, S.J. **Precision agriculture in the 21st century. Geospatial and information technologies in crop management**. Committee on Assessing Crop Yield: Site-Specific Farming, Information Systems, and Research Opportunities, Board of Agriculture, National Research Council. National Academy Press, Washington, DC, 1997.
- STAHNKE, E.; SANTOS, F. **Ferramenta para diagnóstico de Doenças Fungicas em Folhas de Milho**. REAVI-Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí 2.2: pp.125-136, 2013.
- STULL, J.; DILLON, C.; SHEARER, S.; ISAACS, S. **Using precision agriculture technology for economically optimal strategic decisions: The case of CRP filter strip enrollment**. *Journal of Sustainable Agriculture* 24(4), pp.79-96, 2004.
- SZELISKI, R. **Computer Vision: Algorithms and Applications**. Springer, 2010.
- TAVARES-JÚNIOR, J. E.; FAVARIN, J. L.; DOURADO-NETO, D.; MAIA, A. D. H. N.; FAZUOLI, L. C.; BERNARDES, M. S. **Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro**. *Bragantia*, 61(2), pp.199-203, 2002.
- TEZUKA, E. S.; CRUVINEL, P. E. **Identificação de Defeitos em Bananas Através do Mapeamento de Áreas de Risco Utilizando Análise de Textura e Visão Computacional**. In: VII Congresso Brasileiro de Agroinformática (SIBIAgro), Viçosa, MG, novembro, 2009.
- TRUCCO, E.; VERRI, A. **Introductory Techniques for 3-D Computer Vision**. Prentice Hall, 1998.
- WEEKS, ARTHUR R. JR. **Fundamentals of Electronic Image Processing**. SPIE/IEEE Series on Imaging Science & Engineering, IEEE PRESS, 1996.
- WHELAN, B. M.; MCBRATNEY, A. B. **The "Null Hypothesis" of precision agriculture management**. *Precision Agriculture* 2, pp. 265-279, 2000.
- WU, D.; SUN, D. W. **Colour measurements by computer vision for food quality control – A review**. *Trends in Food Science & Technology*, v. 29, n.1, pp. 5-20, 2013.
- YANG, Y.; YAN, H. **An adaptive logical method for binarization of degraded document images**. *Pattern Recognition*, v. 33, pp. 787-807, 2000.
- ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. **Precision agriculture-a worldwide overview**. *Computers and Electronics in Agriculture* 36, pp.113-132, 2000.