

# Card21\_Computer Vision Applied To The Inspection And Quality Control Of Fruits And Vegetables (III)

Davi Bezerra Barros

O artigo "Computer Vision Applied to the Inspection and Quality Control of Fruits and Vegetables" faz uma análise das tecnologias e métodos utilizados na inspeção automatizada de frutas e vegetais com visão computacional, destacando a superioridade na eficiência deste método em relação à inspeção manual.

## Introdução

A introdução enfatiza o desenvolvimento crescente do uso da visão computacional em vários setores, incluindo o controle de qualidade alimentar, pois consegue prover uma maior quantidade de informações sobre os atributos do objeto analisado. A garantia da qualidade de frutas e vegetais processados tem sido um desafio, pois normalmente exige pessoal treinado para realizar a inspeção visual. A Visão Computacional oferece uma forma de controlar, padronizar e integrar processos com pouco esforço humano, reduzindo erros e aumentando a confiabilidade dos processos de produção, e tem havido um aumento na demanda por essas tecnologias devido à exigência de órgãos regulatórios e dos padrões de qualidade do mercado consumidor. Apesar disso, a aplicação da visão computacional em inspeções de produção agrícola apresenta seus próprios problemas e peculiaridades que outro setores não tem, devido à natureza orgânica dos produtos inspecionados.

## Sistemas de Visão Computacional: Arquitetura e Componentes

### Sistemas de visão Computacional

A eficiência dos sistemas de inspeção de comida depende fortemente do hardware e arquitetura utilizados no sistema de visão computacional. Os sistemas utilizados geralmente são compostos por componentes como câmeras CCD, sensores de cor de alta resolução, um computador para processamento dos dados e uma fonte de luz adequada.

### Iluminação

A iluminação do sistema é um forte determinante para a qualidade da análise, e a sua baixa eficiência pode causar efeitos indesejados como reflexos ou sombras, levando a erros de classificação. Por esse motivo, são utilizadas diferentes técnicas de iluminação para diferentes tipos de produtos inspecionados, de acordo com suas características físicas. As técnicas utilizadas são as seguintes:

- **Correção digital:** As imagens com iluminação não uniforme são corrigidas digitalmente utilizando um quadro branco com refletância conhecida. Esta técnica não é o mais recomendado pois consome recursos e aumenta o tempo de pré processamento das amostras.
- **Inclinação de 45°:** A fonte de luz é inclinada 45°, minimizando reflexos diretos na câmera. Esta técnica é utilizada para inspecionar objetos planos.
- **Iluminação hemisférica difusa:** A luz utilizada é refletida por um difusor esférico em formato de semi-esfera. É utilizada para iluminar objetos aproximadamente esféricos.
- **Iluminação com Filtros Polarizadores:** Utiliza filtros polarizadores para eliminar reflexos especulares (brilhos intensos) das superfícies das frutas, tornando a captura da imagem mais precisa. Foi aplicada em frutas cítricas para detectar defeitos na superfície.
- **Iluminação com contraluz:** O objeto é posicionado entre a câmera e a fonte de luz, aumentando o contraste para destacar o contorno do objeto e facilitando a inspeção de sua geometria. Foi utilizada para inspecionar segmentos de tangerina.
- **Iluminação por Fluorescência Induzida por UV:** Utiliza radiação ultravioleta para excitar moléculas específicas do objeto que emitem luz em comprimentos de onda mais longos ao relaxar. Permite a detecção de defeitos invisíveis a olho nu e foi utilizada para detectar lesões por congelamento na superfícies de maçãs.

### Aquisição de imagem

A inspeção de alguns produtos específicos requer o uso de sistemas de aquisição de imagem sensíveis a diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Para isso são utilizados sistemas que combinam diferentes tipos de filtros e sensores, como câmeras **multiespectrais** e **hiperespectrais** que detectam imagens em *NIR*(Near InfraRed) e *UV*(Ultraviolet). Tais sistemas podem ser utilizados para detectar características internas em frutas; foram implementados na detecção de defeitos me maçãs em tempo real e na estimativa de maturidade de pêssegos.

## Aplicações práticas na inspeção de frutas e vegetais

### Cores

A cor é um dos principais atributos utilizados para avaliar a qualidade de frutas e vegetais, e a transformação do espaço de cores é parte fundamental do processamento de imagens para melhorar a precisão da análise. Diferentes modelos de cores são utilizados para representar as cores dos objetos analisados:

- **RGB(Red, Green, Blue):** É o modelo de cores mais comum nas câmeras utilizadas em sistemas de visão computacional, e mede a intensidade da luz nas três cores primárias: Vermelho, Azul e Verde. Apesar disso, o modelo RGB é dependente do dispositivo, visto que os valores gerados nos três canais variam para diferentes câmeras que registram a mesma cena. Além disso, o modelo não é perceptualmente uniforme, o que significa que as diferenças entre as cores no espaço RGB não correspondem às diferenças percebidas pelos humanos.
- **HSI(Hue, Saturation, Intensity):** O modelo HSI separa as cores em três componentes: Matiz(Hue), pureza/densidade(Saturation), e brilho(Intensity). É o modelo mais próximo da percepção humana das cores e é útil para diferenciar defeitos nas frutas com base em tonalidades e saturações, e obteve a maior precisão ao classificar defeito em frutas cítricas
- **L a b(CIELab):** É o modelo mais utilizado por ser independente do dispositivo e perceptualmente uniforme, o que significa que as distâncias entre as cores corresponde às diferenças percebidas pelo olho humano.

Assim, é importante que o processamento das imagens de inspeção de frutas e vegetais inclua a transformação do espaço de cores de RGB para L a b para obter uma maio precisão nas classificações.

### Tamanho e volume

O tamanho é uma característica particularmente importante para a indústria alimentícia e influencia fortemente os aspectos econômicos, visto que o custo dos produtos é diretamente influenciado por seu tamanho. A visão computacional utiliza técnicas de modelagem para medir o diâmetro e o volume de frutas esféricas e não esféricas, por exemplo:

- **Múltiplas imagens:** A técnica consiste em capturar várias imagens de diferentes ângulos e combinar suas informações para calcular o diâmetro equatorial do objeto.
- **Rotação em roletes:** A técnica consiste em capturar imagens do objeto enquanto ele é transportado por roletes em uma esteira transportadora, e ajustar a rotação e translação de forma que as imagens capturem uma rotação completa de cada fruto, permitindo o cálculo de seu diâmetro equatorial.
- **Volume:** A medição do volume é mais complexa que o tamanho, especialmente para frutas com formato irregular. Para frutas com formato aproximadamente simétrico em um eixo, a técnica utilizada é a de subdividir uma imagem em seções verticais, calcular as áreas das seções e rotacionar suas metades no eixo simétrico, obtendo uma aproximação do volume real da fruta.

O método para medição de volume obteve resultados comparáveis ao método de deslocamento de água, tradicionalmente utilizado para este tipo de medição.

### Forma

A forma das frutas e vegetais é outro atributo utilizado para controle de qualidade, e influencia diretamente o consumidor final. Frutas com deformidades e fora do padrão tendem a ser rejeitadas ou vendidas a um preço mais baixo. As técnicas de medição de forma consistem em:

- **Análise de contorno:** Utilização de *backlighting* ao posicionar o objeto entre a fonte de luz e a câmera, o que aumenta o contraste com o fundo e destaca os contornos do objeto, utilizados para estimar o
- **Coefficientes de Fourier:** Método utilizado para descrever formas mais complexas, utilizando técnicas baseadas em análise de Fourier para extrair informações a respeito de seu tamanho, formato e orientação.
- **Análise de aspecto:** Utiliza a razão entre o comprimento e largura para descrever uma aproximação do formato do objeto.

A detecção do formato na horticultura é fundamental para várias aplicações práticas tais como; seleção e melhora da safra, avaliação da preferência de consumidores, análise de distribuição do stress mecânico na casca de frutos, determinar a relação entre formato e maturidade do fruto, padronização do tamanho para minimizar perdas, entre outros.

### Textura

A textura desempenha um papel importante na segmentação de imagens, especialmente quando há variabilidade da cor e textura na mesma fruta, o que dificulta a identificação de certos defeitos. Técnicas de detecção de textura como *matrizes de coocorrência de cor* e *matrizes de coocorrência de nível de cinza* e *análise fractal* são utilizadas para medir a textura da superfície dos frutos.

## Conclusão

A visão computacional está revolucionando a inspeção de qualidade em produtos de horticultura devido à sua capacidade de automatizar e padronizar o processo, superando as limitações humanas principalmente ao possibilitar a análise de informações fora do espectro eletromagnético visível. Sistemas de seleção permitem a inspeção de uma grande quantidade de frutas e vegetais, além de fornecer informações estatísticas importantes a respeito das safras analisadas.