

# Agricultura de precisão via aeronave remotamente pilotada: uma alternativa para o homem do campo

## RESUMO

**Cristiano Reschke Lajús**  
[clajus@unochapeco.edu.br](mailto:clajus@unochapeco.edu.br)  
Universidade Comunitária da  
Região de Chapecó

**Marcos Moretto**  
[marquinhos@unochapeco.edu.br](mailto:marquinhos@unochapeco.edu.br)  
Universidade Comunitária da  
Região de Chapecó

**Gean Lopes da Luz**  
[geanluz@unochapeco.edu.br](mailto:geanluz@unochapeco.edu.br)  
Universidade Comunitária da  
Região de Chapecó

**Pedro Filho**  
[pedrol@utfpr.edu.br](mailto:pedrol@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná

**Marina Junges**  
[marinajunges@unochapeco.edu.br](mailto:marinajunges@unochapeco.edu.br)  
Universidade Comunitária da  
Região de Chapecó

**Geraldo Tremea Correio**  
[geraldotremea@unochapeco.edu.br](mailto:geraldotremea@unochapeco.edu.br)  
Universidade Comunitária da  
Região de Chapecó

A agricultura é um dos setores mais importantes para a sociedade. Pesquisas de tecnologias que auxiliem no aumento do rendimento das culturas, bem como, o emprego de concentrações adequadas de insumos são essenciais para o modelo atual. Visando auxiliar no controle e ajuste das propriedades nutricionais do solo, emprega-se a análise foliar, a qual demonstra o estado nutricional de determinada cultura em estágios diferenciados de desenvolvimento, melhorando a eficiência para manejo de adubação. Logo, o emprego de imagens aéreas via RPA pode auxiliar no monitoramento nutricional das culturas vegetais, através da obtenção de imagens e por suas análises via algoritmos. Esta tecnologia não interfere fisicamente nas culturas no momento da coleta das imagens, e permite uma cobertura de área satisfatória em um curto espaço de tempo, e indiretamente proporcionando eficiência na produção agrícola com sustentabilidade, ou seja, produção de alimentos de forma tecnicamente adequada, ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável.

**PALAVRAS-CHAVE:** PDI. Espaço de cor. Limiarização.

## INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos setores mais importantes da economia, sendo este o setor que permitiu aumentos populacionais nos períodos remotos da história, eliminando o controle demográfico natural exercido pela caça e coleta, resultante da limitação da oferta de alimentos (PINSKY, 2011).

Com o avanço da tecnologia empregada na agricultura a produção geral por hectares (ha) aumentou. Em áreas melhor equipadas e controladas a produção é de cerca de 10.000 kg/ha, contudo se o trabalho for realizado manualmente e sem fertilizantes, chega-se a 800 kg/ha (MAZOYER; ROUDART, 2008).

Percebe-se que a tecnologia influenciou o aumento do rendimento por área de plantio e a redução do desperdício de insumos. Por exemplo, a agricultura de precisão (AP), que visa conhecer detalhes da área a ser utilizada, possibilita o emprego de taxas de insumos variáveis, ajustando o solo de acordo com a necessidade por meio de análises laboratoriais.

A adoção de AP tem como objetivo utilizar as melhores práticas de gerenciamento da propriedade, visando melhorar a produção e a aplicação de fertilizantes com menores custos e impactos ao ambiente (MULLA, 2012).

Na AP a análise química do solo é uma das principais ferramentas utilizadas para diagnóstico de fertilidade. Porém existe grande heterogeneidade neste meio, pois se relaciona física, química e biologicamente com inúmeras variáveis, que influenciam diretamente na disponibilidade e aproveitamento de nutrientes (FAQUIN, 2002).

Para auxiliar no controle e ajuste das propriedades nutricionais do solo, emprega-se a análise foliar, a qual faz uso dos tecidos das plantas, mostrando o seu estado nutricional, demonstrando as deficiências de nutrientes, complementando a análise química do solo, melhorando a eficiência para manejo de adubação (FAQUIN, 2002).

Aclorofilometria, que é realizada através da análise foliar, visa identificar a concentração de clorofila presente na planta, tal concentração de clorofila influencia positivamente ou negativamente sobre o crescimento e o desenvolvimento vegetal.

Contudo os métodos de análise foliar em laboratório requerem a retirada da amostra do campo e posteriormente a destruição destas amostras de tecidos, além de demandarem muito trabalho no processo de obtenção (ARGENTA et al., 2001). Em contrapartida o uso de clorofilômetro portátil permite leituras instantâneas do índice relativo de clorofila (IRC) na folha sem retirar ou destruir a amostra (ARGENTA et al., 2001).

Mesmo com o emprego do clorofilômetro percebe-se alguns problemas, um deles está relacionado à morosidade na coleta, o que pode gerar diferença de estágio de desenvolvimento entre a primeira e a última amostra de uma mesma área de coleta, já que pode demorar para ser concluído dependendo do tamanho da área.

Além da morosidade percebe-se a grande interação com a cultura o que pode gerar estragos desnecessários na lavoura, como por exemplo, pisoteamento de plantas, compactação do solo, dentre outros. Outro fator a se considerar é que o

clorofilômetro não está integrado a um sistema de informação geográfica (SIG) que permite determinar precisamente a coordenada geográfica do local da coleta.

Contudo, é possível realizar esta coleta de informações de forma automatizada, sem gerar excessivas interferências com contato direto sobre a lavoura, ou destruição de amostras, bem como reduzindo o tempo de coleta associado a um SIG. A tecnologia empregada envolve o uso de remotely-piloted-aircraft (RPA).

Os RPA's vêm apresentando grandes avanços tecnológicos no que tange aumento da capacidade de carga em quilogramas, autonomia de voo, aplicações e comunicação de dados. Portanto o emprego destes dispositivos está se tornando cada vez mais comum, e isso não é diferente na área agrícola.

Para Primicerio (2015), o uso de RPA's é uma alternativa para a AP, pois auxilia na descoberta de variáveis com o emprego de imagens de forma mais rápida, comparando com o uso de satélites para obtenção de imagens ou mesmo as análises laboratoriais, possibilitando assim a identificação de fatores que possam interferir na produção e tomar medidas para corrigi-los mais rapidamente.

Logo, o emprego de RPA's pode auxiliar no monitoramento nutricional das culturas, através da obtenção de imagens e por suas análises via algoritmos. Esta tecnologia não interfere fisicamente na cultura no momento da coleta das imagens, e permite uma cobertura de área satisfatória em um curto espaço de tempo, vindo de encontro às necessidades de melhoria nos processos de produção agrícolas.

Um fator que contribui significativamente para a análise das imagens é a qualidade destas imagens obtidas com a câmera (payload) presente no RPA. Além da qualidade da câmera também observa-se que o formato do arquivo obtido, por exemplo, os formatos JPG e RAW, a diferença se destaca na não compactação da imagem no formato RAW o que garante uma imagem sem perda de dados, o que ocorre no formato JPG (HINTON, 2016).

## AGRICULTURA

A agricultura permitiu a mudança de paradigma para obtenção de alimentos, possibilitando um aumento na produção, deste modo o homem pode permanecer em um local, o que possibilitou o aumento do número de pessoas em um grupo, já que a obtenção do alimento não era um problema tão grande (PINSKY, 2011).

A tecnologia vem se firmando como um aliado no aumento da produtividade agrícola, ao lado do emprego de melhores práticas, deste modo aumentando a produção agrícola (MAZOYER; ROUDART, 2008).

Atualmente há uma busca no sentido de aumentar a segurança alimentar e um dos caminhos perpassa em aumentar ou intensificar a produção agrícola ao redor do mundo, contudo utilizando mecanismos para conservar a agricultura, ou seja, para que no futuro ainda se possa manter o aumento de produção de tal forma que ele não seja temporário, para isso busca-se o emprego de melhores práticas (WARD, 2016).

## AGRICULTURA DE PRECISÃO

A AP foi uma das grandes revoluções da agricultura, embora algumas propriedades já aplicassem algum tipo de AP mesmo antes de seu surgimento como um framework de melhores práticas, pois AP envolve práticas de gerenciamento agrícola, mantendo dados sobre todas as variantes envolvidas no processo de produção incluindo os valores de custos e receitas (MULLA, 2012).

A AP não envolve somente custos e receitas, mas também um emprego mais eficaz dos recursos na lavoura como fertilizantes, por exemplo.

Para Mulla (2012), com o emprego da AP é possível realizar aplicação não uniforme de fertilizantes, sementes, água, dentre outros, realizando aplicação variável que considere relevo, tipo de solo, bem como manejo histórico, observando dados de safras passadas.

A AP é a aplicação de técnicas geoespaciais em conjunto com sensores identificando variáveis no campo, como condições do solo, relevo, condições da lavoura, dentre outras, buscando estratégias de manejo para trabalhar com estas variações da melhor forma possível (ZHANG; KOVACS, 2012).

Historicamente a AP busca avanços tecnológicos, para melhorar ainda mais os resultados de produtividade na agricultura. Inicialmente utilizava somente sensores remotos para o solo e para matéria orgânica, posteriormente avançou e passou a utilizar satélites, sensores de mão ou aéreos. Além disso, iniciou a utilização de ondas eletromagnéticas observando as ondas visíveis e próximas do infravermelho (MULLA, 2012).

Basicamente os sensores remotos buscam coletar dados que são base para a AP, estes sensores são importantes para coletarem os dados e imagens em tempo real, durante a tomada de decisão. Da mesma forma a busca por imagens aéreas também foi associada a AP (ZHANG; KOVACS, 2012).

O uso de sensores remotos possui uma infinidade de aplicações como, por exemplo, identificação de biomassa, índice foliar, moléstias, pragas, estresse hídrico, previsão de rendimento, monitoramento das propriedades físico químico do solo e mapeamento, análises químicas nas folhas, controle e gerenciamento de pragas e plantas daninhas, propriedades superficiais do solo, condições biológicas, parâmetros de clorofila, concentração de nitrogênio na folha, cobertura vegetativa, dentre outros fatores (ZHANG; KOVACS, 2012).

O emprego destas técnicas visa deixar de empregar quantidades iguais de tratamentos a cultura em ambientes heterogêneos, aplicando quantidades variáveis dependendo das características de cada parcela da cultura (GÓMEZ-CANDÓN; CASTRO; LÓPEZ-GRANADOS, 2014).

## GEORREFERENCIAMENTO

Para Aguilar (2012), a coleta e registro de dados geográficos no sensoriamento remoto é imprescindível para obter-se maiores detalhes do espaço monitorado. Desta forma a localização exata da coleta é um fator crítico para que ações futuras possam ser tomadas sobre o espaço geográfico correto.

O georreferenciamento é aplicado para informar e guardar dados relacionados ao posicionamento geográfico de determinada imagem coletada,

para que no futuro esta imagem seja processada e as informações obtidas através dela sejam associadas a uma posição geográfica (AGUILAR, 2012).

O emprego de RPA's para obtenção de imagens emprega, normalmente, GroundControl Points (GCPs), que são marcações no chão que orientam sobre o posicionamento do RPA, porém com o emprego de técnicas de georreferenciamento, utilizando pontos de latitude e longitude obtidos por Global Position System (GPS), é possível não utilizar GCPs, minimizando custos com mão de obra, removendo a necessidade de interação humana (TURNER; LUCIEER; WALLACE, 2014).

Deste modo quando uma imagem é capturada as unidades do GPS são anexadas aos dados acerca da imagem, posicionando-a globalmente, o que permite a integração com equipamentos de AP permitindo o emprego de tratamentos com taxas variáveis de acordo com as características de cada área (TURNER; LUCIEER; WALLACE, 2014).

### AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA

O emprego de RPA's está bastante disseminado em várias áreas do conhecimento. No Brasil os primeiros relatos iniciaram na década de 80, quando o Centro Técnico Aeroespacial (CTA) desenvolveu o projeto Acauã (MEDEIROS, 2008).

RPA's são veículos aéreos sem tripulação, como em aviões, por exemplo. Os RPA's podem ou não ser pilotados por um humano, mas se o for, será à distância (ALMEIDA, 2010).

O controle normalmente se dá através de mecanismos de controle por rádio frequência (RF), utilizados através de controle remoto, que pode ser feito observando o trajeto do RPA, com contato visual, ou simplesmente acompanhando imagens transmitidas por este, ou ainda, através de rota pré-estabelecida.

Os RPA's são também conhecidos como Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) ou ainda pelo seu apelido de DRONE, sendo também empregados em áreas militares, além de emprego em outras áreas (WATTS; AMBROSIA; HINKLEY, 2012).

Na década de 70 a National Aeronautics and Space Administration (NASA) desenvolveu estudos para criação de um RPA para uso em altitudes elevadas, porém sem muito sucesso. Mas em 1990 o Environmental Research Aircraft and Sensor Technology (ERAST) deu um grande passo no sentido de viabilizar pesquisas científicas com o emprego de RPA's, criando protocolos e a capacidade de carregarem inúmeros sensores poderosos (WATTS; AMBROSIA; HINKLEY, 2012).

Segundo os autores, posteriormente a isso baseado no ERAST inúmeras organizações modificaram os RPA's para que suportassem suas pesquisas, para aplicações como amostragem atmosférica, monitoramento de vegetação de pastagens, e até mesmo empregado por hobby em radio-control (RC), envolvendo soluções com baixo custo e sendo radio controlados.

Existindo uma grande variedade de RPA's cabe a classificação destes de acordo com suas características.

Para Watts, Ambrosia e Hinkley (2012), a classificação ocorre da seguinte forma:

- MAV/NAV: Micro, Miniatura/Nano veículos aéreos (Micro, Miniature/Nano Air Vehicles), assim chamados pelos seus tamanhos e a baixa altitude alcançada, sendo menor do que 300 metros, além das limitações de bateria possibilitando voos curtos de 5 a 30 minutos.

- VTOL: Decolagem e pouso vertical (Vertical Take-Off & Landing) atingindo altitudes variadas, mas normalmente baixas altitudes e voos curtos por demandar grande energia principalmente para a decolagem, porém é ideal para terrenos com condição ruim, pois não requisitam longos espaços para pousar ou decolar.

- LASE: Baixa altitude, alcance curto (Low Altitude, Short-Endurance) neste caso para iniciar o voo depende de sistemas de mini catapultas ou podem ser lançados com a mão, pesa entre 2 a 5 kg, podendo voar por cerca de 2 horas, a poucos quilômetros de bases no chão, conhecidos também como small unmaned aircraft systems (sUAS).

- LASE Close: São sUAS que requerem grandes áreas para pouso e decolagem, voam a mais de 1.500 metros de altitude por várias horas.

- LALE: Baixa altitude, longo alcance (Low Altitude, Long Endurance) podem transportar cargas de vários quilos em altitudes de alguns milhares de metros e por períodos prolongados.

- MALE: Altitude média, longo alcance (Medium Altitude, Long Endurance) operam acima de 9.000 metros de altitude, a centenas de quilômetros das suas bases por muitas horas.

- HALE: Altitude elevada, longo alcance (High Altitude, Long Endurance) opera a mais de 20.000 metros de altitude a milhares de quilômetros da base por mais de 30 horas de voo.

Atualmente a AP pesquisa formas de monitoramento e uso de sensores para detecção das propriedades de cultura e de solo, quase que em tempo real. O emprego de RPA's torna-se cada vez mais uma opção que pode capturar imagens a centímetros de distância e com alta resolução (PRIMICERIO, 2012).

## RPA'S NA AGRICULTURA

O emprego de RPA's na agricultura está intimamente ligado a AP, mas isso não ocorre em todos os casos, os RPA's podem ser empregados de forma separada, pois fazem parte de uma tecnologia que possibilita o emprego em situações diversas do dia-a-dia.

Para Primicerio (2012), os RPA's caracterizam-se como uma alternativa mais barata, eficaz e eficiente em relação ao uso de imagens obtidas por satélite, as quais podem sofrer interferências das condições climáticas. São capazes de capturar imagens com resoluções muito altas e é tido como uma solução bem interessante em áreas relativamente pequenas que precisam ser monitoradas.

Primicerio (2012), ainda relata que acredita que o emprego de RPA's é realmente uma alternativa aos satélites, pois não implica em semanas para obter uma imagem.

Para Medeiros (2008), a utilização de imagens obtidas pelo emprego de RPA podem auxiliar na detecção de manchas, infestações de plantas daninhas, também para topografia e geração de mapas de produtividade.

Conforme Medeiros (2008), a utilização de RPA's na AP vem se firmando como uma opção para auxiliar o produtor na identificação de estratégias para maximizar a rentabilidade. Também são utilizados para avaliação da copa de árvores identificando a recuperação biofísica com base em imagens e a altura com base em sensores e criação de imagens tridimensionais (TEJADA, 2014).

## IMAGENS

A visão é um dos sentidos mais avançados das pessoas, porém a visão humana é limitada a banda visual do espectro eletromagnético (EM), enquanto que equipamentos de processamento de imagens cobrem quase todo o EM, variando de ondas gama a ondas de rádio (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Portanto o processamento digital de imagens pode trabalhar com imagens geradas a partir de fontes variadas, as quais a percepção humana não consegue interpretar corretamente, ou que não se está acostumado a interpretar como imagens, trabalhando com um amplo e variado campo de aplicações (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Uma imagem pode ser definida como uma função bidimensional,  $f(x, y)$ , em que  $x$  e  $y$  são coordenadas espaciais (plano), e a amplitude de  $f$  em qualquer par de coordenadas  $(x, y)$  é chamada de intensidade ou nível de cinza da imagem nesse ponto. Quando  $x, y$  e os valores de intensidade de  $f$  são quantidades finitas e discretas, chamamos de imagem digital. O campo do processamento digital de imagens se refere ao processamento de imagens digitais por um computador digital. Observe que uma imagem digital é composta de um número finito de elementos, cada um com localização e valor específicos. Esses elementos são chamados de elementos pictóricos, elementos de imagem, pels e pixels. Pixel é o termo mais utilizado para representar os elementos de uma imagem digital. (GONZALEZ; WOODS, 2010, p. 1)

De acordo com Gonzales e Woods (2010), não há uma definição clara que separe processamento de imagens de visão computacional, existe uma definição, que do ponto de vista dos autores é bastante restritiva, afirmando que processamento de imagens cabe até enquanto a saída da análise de uma imagem é outra imagem, caso o resultado sejam dados numéricos, por exemplo, isso é entendido como visão computacional, porém os autores não compreendem desta forma, pois existem alguns dados que podem ser considerados pura e simplesmente processamento de imagens.

Não existindo limites claros delineando as duas áreas, Gonzales e Woods (2010) definem que seria interessante considerar três tipos de processos computacionais, processos de nível baixo, médio e alto.

No nível baixo as operações envolvidas estão relacionadas ao pré-processamento de imagens para reduzir ruído, aguçamento de imagens e realçar contraste, neste caso tanto a saída quanto à entrada são imagens (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Considerando o nível médio existem tarefas como segmentação (separação da imagem em objetos ou regiões), descrição destes objetos para redução a uma forma mais adequada para o processamento computacional e reconhecimento (classificação), caracterizando-se em um processo que a entrada é uma imagem e as saídas são atributos extraídos das imagens, como bordas, contornos e a identidade de objetos individuais (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Já o processamento de nível alto envolve dar sentido a um conjunto de objetos reconhecidos, como a análise da imagem, o que pode ser considerado como análise de imagem e/ou visão computacional (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Deste modo visão computacional é a transformação de dados a partir de câmera de vídeo em decisões ou outra representação (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

Sendo os humanos seres visuais, talvez se pense que a visão computacional seja simples, porém o olho humano, quando observando uma imagem, divide o sinal da visão em muitos diferentes canais, levando diferentes informações para o cérebro, mas existe uma espécie de sistema seletor, dando ênfase na parte importante da imagem, descartando as demais, isso faz com a que resposta seja rápida e com base no seu conhecimento adquirido pelo seu tempo de vida, decide-se o que é determinado objeto, isso ocorre em loop (repetição), incluindo ações no “hardware”, ou seja, nos olhos, controlando a luminosidade, abrindo ou fechando a íris e o ordem de recepção pela retina (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

Mas o que o olho humano percebe são as EM, porém apenas a parte visível do espectro, que representa um range dentro das EM (NASA, 2013a).

Radiação é a energia que se propaga e se espalha de acordo com suas características, por exemplo, a luz da lâmpada nas casas, ou a onda de radio, são exemplos de faixas de ondas EM, além destes existem as micro-ondas, luz infravermelha, luz ultravioleta, raios-X e raios gama (NASA, 2013a).

As ondas representadas na Figura 1 são EM de radiação, formadas por partículas sem massa, conhecidos como fótons, cada um viajando em um padrão de ondulação na velocidade da luz. Cada fóton possui uma porção de energia, as ondas mais curtas possuem mais energia e as ondas mais longas possuem menos energia, portanto a diferença entre cada tipo de onda é basicamente a energia presente nos fótons (NASA, 2013a).

As EM podem ser expressas em termos de energia, comprimento de onda ou frequência. A frequência é mensurada por ciclos por segundo, unidade conhecida como Hertz (Hz), comprimento de onda em metros e energia em elétron volt, existindo uma relação matemática entre as três medidas (NASA, 2013a).

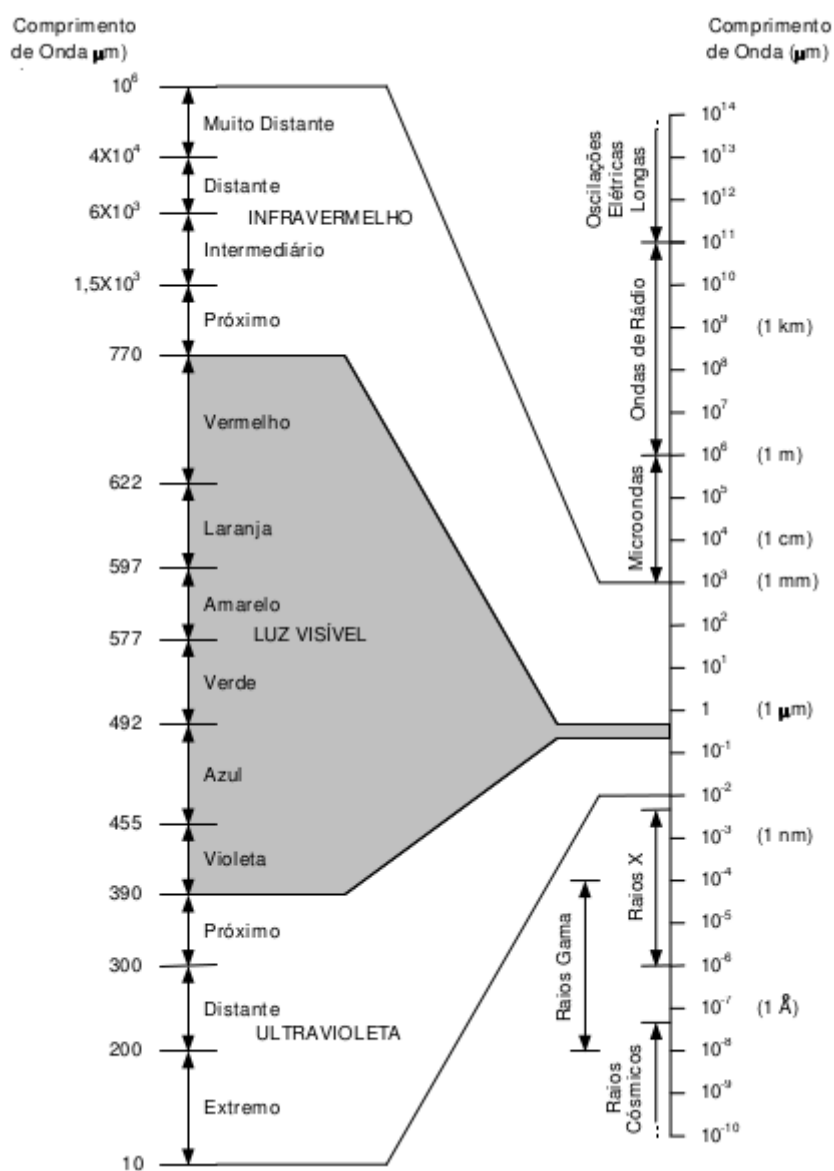
O espectro de ondas EM pode ser medido em comprimento de onda em milionésimo de um metro (micros), angstroms, ou nanômetros, deste modo utilizando nanômetros as luzes de cor violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho estão compreendidas no range de 400 a 700 nanômetros, sendo este o range visível, observando a Figura 1, percebe-se que o espectro visível é apenas uma fração de ondas EM (NASA, 2013a).



Deste mesmo modo diferentes sensores podem capturar diferentes comprimentos de onda (NASA, 2013b).

De acordo com Bradski, Kaehler (2008) em 1.666 Sir Isaac Newton descobriu que um prisma de vidro atravessado pela luz branca poderia decompô-la em um espectro de cores que vão do violeta ao vermelho, este espectro da região do visível.

Figura 1 – Espectro eletromagnético, com destaque para as subdivisões da região da luz visível.



Fonte: Bradski e Kaehler (2008).

Isso quer dizer que diferentes comprimentos de onda podem, em conjunto, gerar a mesma sensação visual de cor, existindo diferentes comprimentos de onda interagindo que são capazes de gerar a sensação da cor roxa, por exemplo.

Portanto para a cor ser vista o olho precisa ser atingido pelo comprimento de onda refletida pelo objeto, se ele aparenta ser verde a luz do dia isso se deve ao fato que somente a parte verde da luz (espectro verde de 492 a 577) branca do sol (BALLARD; BROWN, 1982).

## IMAGEM DIGITAL

Uma imagem digital é a abstração, em uma função matemática, de um registro capturado por algum sensor, o qual registra a interação da radiação com algum objeto físico (BALLARD; BROWN, 1982).

Desta forma uma imagem é formada pela chegada da distribuição espacial de luz ao sensor utilizado, sendo conhecida como imagem óptica (SCOTT; UMBROUGH, 2010).

Porém, a grande quantidade de possíveis origens de imagens implica diretamente no processamento, ou seja, dependendo de como a imagem seja formada haverá a necessidade de uma maneira específica de processamento ou tratamento da mesma, para que seja possível extrair informações (BALLARD; BROWN, 1982).

Por exemplo, uma imagem formada pelo reflexo de luz armazenada como uma fotografia, ou uma imagem originária de raios-X (BALLARD; BROWN, 1982).

As imagens são representadas por funções matemáticas, as quais podem variar dependendo de quais características da imagem são importantes para serem demonstradas ou preservadas, por exemplo, uma imagem pode ser representada por duas variáveis,  $f(x) = f(x, y)$ , sendo que  $f(x, y)$  é o brilho da escala de cinza da imagem da coordenada espacial  $x, y$ . Já uma imagem multiespectral é uma função com vetor de valores, como por exemplo, do canal de cor RGB (Red, Green e Blue) que representa os valores de brilho de cada comprimento de onda, conforme a função  $f(x) = \{f_{red}(x), f_{blue}(x), f_{green}(x)\}$  (BALLARD; BROWN, 1982).

Esta imagem representada pela matriz de pixels deve ser salva em um arquivo digital para ser processado posteriormente, para isso existem quatro principais formatos de arquivos, TIFF (Tagged Image File Format, Formato de Arquivo de Imagens com tags), JPEG (Joint Photographic Experts Group), GIF (Graphics Interchange Format, Formato de Intercâmbio de Gráficos) e PNG (Portable Network Graphics, Gráfico de Redes Portáteis). Geralmente se estiver trabalhando com fotografias ou imagens contínuas o formato JPEG será escolhido, porém possui compactação com perda de dados, pois tem boa qualidade e não geram arquivos muito grandes, em contrapartida os formatos TIFF possuem qualidade excelente, e arquivos muito grandes, já os GIFs tem capacidade de cor limitada, portanto são utilizados em imagens muito simples, sendo que o PNG é um formato que reúne características do TIFF e JPEG (KOZAK, 2014).

Vale destacar o formato RAW que é um dump direto da memória da câmera digital, contem a imagem direta do sensor, sem processamentos, inclui a quantidade de branco recebido e as correções gama. Câmeras diferentes utilizam formatos diferentes derivações do TIFF (.nef, .raf e .crw) (KOZAK, 2014).

Para o processamento de imagens, arquivos RAW podem ser mais adequados do que arquivos em outros formatos e podem ser salvos em qualquer formato posteriormente, por exemplo, um arquivo padrão JPEG possui perdas de dados

(características) devido a compressão de dados, o mesmo não ocorre em um RAW (KOZAK, 2014).

Além dos formatos de armazenamento a imagem digital pode ser considerada de quatro formas, binária, escala de cinza, colorida ou multiespectral (SCOTT; UMBAUGH; 2010).

A imagem binária é o tipo mais simples de imagem, por ser representada por dois valores, preto e branco, desta forma tendo um pixel representado por um bit, normalmente utilizada quando a informação que se deseja é informação de bordas ou corpo do objeto para, por exemplo, um robô detectar a posição de um objeto, verificação de deformações de produtos, dentre outras aplicações (SCOTT; UMBAUGH, 2010).

Frequentemente a binarização é realizada através de imagens em tons de cinza por uma operação de threshold com um peso para corte, onde cada pixel acima do limiar é transformado em branco "1" e os pixels abaixo do limiar transformados em preto "0", essa operação pode ser vista na Figura 2, sendo que do lado esquerdo a imagem está no formato originalmente obtido e na direita a imagem foi binarizada (SCOTT; UMBAUGH, 2010).

Figura 2 – Binarização de imagens



Fonte: Autoria própria.

Há o processo de tornar a imagem em escala de cinza, deste modo uma imagem pode ser vista de forma monocromática em tons de cinza contendo apenas informações de brilho sem informações de cores, neste caso a cada pixel se tem 8 bits representando a escala de cinza, permitindo de 0 a 255 brilhos diferentes por pixel, ou escalas de cinza, a operação para tornar a imagem dentro de escalas de cinza é bastante utilizada no processamento de imagens, em geral para realizar outras operações posteriores como a binarização (SCOTT; UMBAUGH, 2010).

A imagem colorida é o formato que normalmente se apresentam as imagens, o formato mais utilizado é o RGB utilizando 8 bits por canal de cor, desta forma totalizando 24 bits por pixel (bits per pixel, bpp), o resultado pode ser visto na Figura 3 (SCOTT; UMBAUGH, 2010).

Figura 3 – Formação imagem RGB.



Fonte: Scott,Umbauch (2010).

Existe ainda as imagens multiespectrais, que possuem informações fora do range de percepção da visão humana, as quais incluem variadas bandas do EM, utilizadas quando a informação não apresenta-se na banda de visão humana (SCOTT; UMBAUGH, 2010).

Para obtenção imagens multiespectrais aplica-se sensores com filtros diferentes capazes de permitir a passagem de determinadas bandas do EM, normalmente utilizados em satélites, sistemas de infra vermelho, sistemas de diagnóstico médico, dentre outros (SCOTT; UMBAUGH, 2010).

### PROCESSAMENTO DE IMAGENS COLORIDAS

O processamento de imagens é dividido em duas áreas principais, uma processando imagens coloridas, e a segunda em imagens pseudo coloridas, as quais são representadas em uma intensidade monocromática, ou combinação de intensidades (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

As imagens são formadas pela interação da luz com o ambiente, existem três variáveis que descrevem a qualidade da luz de origem da imagem, sendo elas, radiação (total de energia vinda da origem da luz, watts), luminância (quantidade de energia que um observador pode perceber da fonte de luz, lumens) e brilho (noção acromática de intensidade da imagem) (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

Já para distinguir entre as cores também existem três variáveis, sendo elas, brilho, matiz (hue sendo representada pela cor dominante, principalmente associada com o comprimento de onda dominante no range de comprimentos de onda) e saturação (saturation indicando o grau de branco misturado com a matiz) (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

As cores são representadas por espaços de cores ou modelo de referencia de cores, que são correlacionados em sistemas de coordenadas, cada cor para um ponto, como exemplo, pode-se citar os espaços de cor frequentemente utilizados como o RGB, CMY (cyan, magentia e yellow), HIS (Hue, Intensity e Saturation) e YCbCr (intensidade, componente de cor azul e componente da cor vermelha) (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

Uma cor pode ser dividida em brilho e cromaticidade (matiz e saturação), sendo que um método para especificar as cores é o uso do diagrama cromático CIE, que mostra a composição das cores com uma função de x (vermelho) e y

(verde), desta forma conectando dois pontos do gráfico pode-se obter cores diferentes (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

Considerando um espaço de cor linear, onde se tem alguns comprimentos de ondas primárias, pode-se somá-las para obter a cor observada (PONCE; FORSYTH, 2003).

O RGB que é um espaço linear de cor que utiliza comprimentos primários de ondas (645,16nm para R, 526,32nm para G e 444,44nm para B), nestes sistemas a soma dos comprimentos de onda resultam em outras cores (PONCE; FORSYTH, 2003).

Consistindo em três componentes que combinados produzem imagens coloridas, sendo cada pixel formado por um número de bits, estes bits são chamados de profundidade do pixel, sendo que uma imagem normalmente tem 24 bits por pixel, e o total de bits no cubo de cores RGB é de 16.777.216 cores.

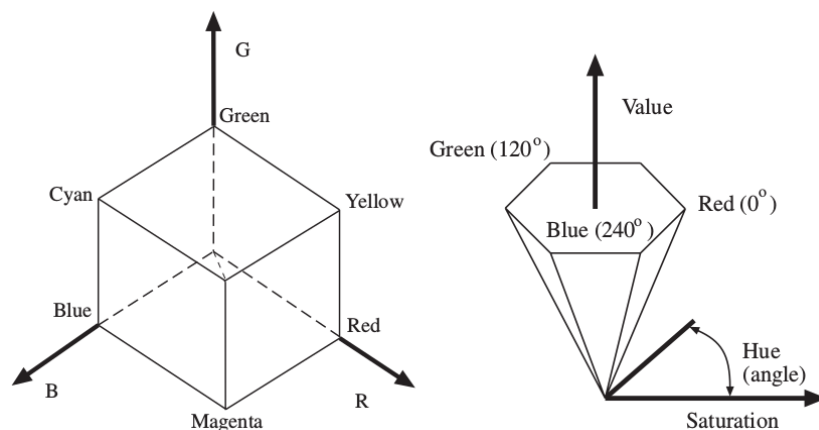
No espaço de cor RGB, bem como em outros espaços de cor, pode-se fazer uso da normalização, deixando todos os canais de cor com grandezas equivalentes, mesmo que em imagens diferentes possam ter valores ou pesos diferentes para cada canal de cor em função da forma como foram obtidas.

Ainda existem outros espaços de cor que são conhecidos como não lineares, por exemplo, o HSV (Hue, Saturation e Value), Hue é a matiz que é a propriedade da cor passando do vermelho para o verde, Saturation é a saturação como a propriedade passando do vermelho para o rosa, o Value conhecido também como brightness ou lightness é a propriedade que varia passando do preto para o branco (PONCE; FORSYTH, 2003).

A Figura 4 demonstra o comportamento das cores nos espaços de cor RGB e HSV, sendo o RGB (à esquerda) um espaço tridimensional formando um cubo, onde dependendo do valor de cada um dos comprimentos de onda chega-se a uma cor resultante, percebe-se que uma cor pode ser obtida com diferentes pesos.

Já no HSV (à direita) a interação entre os elementos que definem o resultado depende individualmente dos seus pesos, ou seja, fica mais fácil identificar qual cor é originada a partir dos valores das três variáveis, formando uma espécie de cone, onde o hexágono representa a matiz, indo do vermelho para o verde a partir de seu ângulo na base do gráfico, o brilho, por sua vez, representado pelo Value varia do preto para o branco, representado pela altura no gráfico, por fim a saturação (saturarion), variando de vermelho para rosa na base do gráfico.

Figura 4 – Comportamento dos espaços de cores



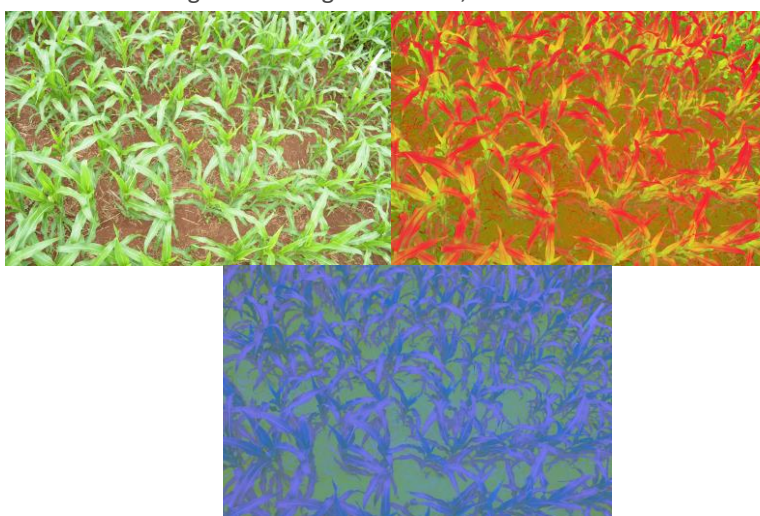
Fonte: Ponce, Forsyth (2003).

A escolha por um espaço de cor ou outro depende da aplicação que se deseja, dependendo das características e objetivos de cada problema a ser resolvido, o importante é que independentemente de qual sistema de cor é empregado na imagem é possível realizar a conversão entre os espaços de cor e utilizar um ou outro (PONCE; FORSYTH, 2003).

Outro espaço de cor é o YCbCr, onde Y representa a intensidade, Cb o componente de cor azul e Cr componente vermelha, sendo que esse canal de cor pode ser obtido através da conversão dos canais do espaço de cor RGB (SONKA; HLAVAC; BOYLE, 2008).

Na Figura 5 pode-se perceber imagens convertidas de RGB para HSV e de RGB para YCbCr, a imagem em RGB (esquerda), em HSV (centro) e em YCbCr (direita). Percebe-se a diferença real existente entre cada espaço de cor, da mesma forma, pode-se perceber que o processamento das imagens em espaços de cores distintos requer um tratamento diferenciado, adaptado a cada espaço de cor.

Figura 6 – Imagem em RGB, HSV e YCbCr



Fonte: Autoria própria (2017).

Observando as imagens percebe-se que existem elementos que não devem ser considerados para se obter informações das plantas, por exemplo, o solo, ou a

palha existente sobre o solo, deste modo é necessário utilizar-se de cortes automatizados nas imagens.

A partir da imagem é possível gerar histograma que é uma ferramenta simples, porém bastante utilizada no processamento de imagens. Um histograma de intensidade é a representação de todos os pixels de uma imagem podendo ser em escala de cinza ou mesmo colorido, em escala de cinza frequentemente representa-se cada pixel com um valor de 0 a 256 (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

O processamento de imagens coloridas consiste basicamente processamento de imagens pseudo coloridas, em escala de cinza, e imagens coloridas propriamente ditas, deste modo é possível utilizar-se de técnicas de corte de intensidade, no caso das imagens em escala de cinza ou cortes de determinadas cores nas imagens coloridas, técnica conhecida como limite ou threshold, que consiste em modificar os pixels para preto ou branco de acordo com um limite estabelecido para uma única cor ou intensidade, fazendo o que se conhece como binarização da imagem, deixando a imagem com pixels em preto ou branco de acordo com o critério desejado, a qual pode posteriormente ser ignorada ou sofrer outro tipo de processamento (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

Outro mecanismo existente que pode ser utilizado para buscar pontos de interesse é o K-means, que é um algoritmo de agrupamento (clusters) mais utilizado pela sua simplicidade e qualidade de aproximação.

O K-means tem mais de 50 anos de história é o algoritmo de agrupamento particional mais popular existente, o primeiro algoritmo de agrupamento baseado em K-means para calcular os pesos das características foi projetado há pouco mais de 30 anos (AMORIM, 2016).

O método K-means é conhecido por ser não supervisionado para encontrar os clusters, mas isso não quer dizer que seja independente, os critérios de classificação são implicitamente definidos e as classes resultantes dependem do conjunto de dados em análise (ALMEIDA, 2013).

K-means pode ser utilizado como uma técnica de processamento de imagens na busca por clusters para agrupar as observações de pixels da imagem em um cluster de observações que tenha a média mais próxima de cada observação, auxiliando na remoção de pontos que tenham discrepância em relação aos demais (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

O algoritmo de K-means é executado de forma iterativa, se tem um estado inicial de K-means, que pode ser obtido de forma empírica ou randomicamente, na inicialização cada observação é adicionada ao cluster com a média mais próxima (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

K-means começa selecionando aleatoriamente do conjunto de dados completo um número k de espectros, ou este número pode ser passado, definindo quantas classes existirão. Esses espectros são assumidos como o centro de um cluster (ALMEIDA, 2013). Cada espectro do conjunto de dados é atribuído ao centro de cluster que é mais próximo em um sentido dos mínimos quadrados. Uma vez que todos os espectros foram atribuídos a uma das classes, os centros de cluster são recalculados como a média dos espectros no cluster. O procedimento é iterado (repetido) com os novos centros de cluster, desistindo quando a maioria dos espectros não são reatribuídos (ALMEIDA, 2013).

Desta forma o algoritmo calcula uma nova média para ser o centroide das observações no cluster, este procedimento repete-se até que um limite pré-definido seja atingido (ZHOU; WU; ZHANG, 2010).

O número de clusters é arbitrariamente escolhido ou definido, mas os resultados são insensíveis a essa seleção, já que apenas alguns grupos possuem um número significativo de membros. Assim, o algoritmo fornece o número de clusters e seus centros de cluster correspondentes, bem como a classificação de todos os espectros originais agora atribuídos a um dos clusters (ALMEIDA, 2013).

## OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision) é uma biblioteca para processamento de imagens em tempo real, se tornando, a partir de 2000, quando lançou-se a primeira versão da biblioteca, uma ferramenta muito importante para projetos relacionados a visão computacional (GARCÍA, et al., 2015). É uma biblioteca Open Source de visão computacional escrita em C e C++, capaz de rodar em Linux, Windows e Mac OS (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

A biblioteca foi criada nos projetos de pesquisa avançados da Intel para melhorar as aplicações com uso intenso de Central Processing Unit (CPU), com objetivo de melhorar códigos de visão computacional, disseminar o conhecimento de visão computacional, melhorar aplicações comerciais de visão computacional (BRAHMBHATT, 2013).

Suporta TBB (Threading Building Blocks), IPP (Integrated Performance Primitives) e GPU (Graphic Processing Unit) com CUDA (Compute Unified Device Architecture) e OpenCL (Open Computing Language) (GARCÍA, et al., 2015).

As aplicações que utilizam o OpenCV podem segmentar e reconhecer, utilizar imagens 2D ou 3D com ferramentas prontas, identificar objetos, reconhecer faces, seguir objetos, seguir movimentos, reconhecer gestos, dentre outras possibilidades (GARCÍA et al., 2015).

OpenCV possui uma gama de funcionalidades em uma estrutura modular com muitos módulos, dentre eles pode-se citar alguns dos principais componentes, tais como (OPENCV, 2016):

- Core functionality: define as estruturas básicas de dados, incluindo o arrayMat e funções básicas utilizadas por todos os módulos do OpenCV.
- Imageprocessing: um processador de imagens com filtros lineares e não lineares, transformações geométricas, conversão entre espaços de cores, histogramas, dentre outras funcionalidades.
- Video: módulo de análise de vídeo, incluindo estimação de movimento, remoção de fundo de cena e algoritmos de rastreamento de objetos.
- Calib3d: algoritmos básicos de visualização múltipla, calibração de câmera, estimativa de posição de objeto, elementos de reconstrução de objetos 3D, dentre outras.
- Features2d: detectores de características, dentro outros.
- Objdetect: detecção de objetos.



- Highgui: interface com usuário.
- Video I/O: captura e codecs de vídeo.
- Gpu: algoritmos de aceleração.

Esta estrutura do OpenCV permite capturar imagens a partir de fontes de imagens, como câmeras, ou apenas carregá-las de um arquivo ou vídeo, e manipulá-las utilizando os recursos de processamento de imagens do componente CV, possibilitando realizar as operações de threshold e conversão de espaços de cor, utilizar imagem como matriz e capturar os pesos de cada pixel da imagem, dentre outras funções avançadas, por exemplo, aprendizado de máquina.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Portanto o emprego de RPA para coleta de imagens e o uso de algoritmos desenvolvidos para cada situação são importantes neste processo, pois em algumas horas pode-se coletar imagem da cultura inteira, dependendo do tamanho da área, e em minutos pode-se processá-las e obter resultados para alterar o manejo da cultura.

RPA's ainda evitam que haja muitas intervenções na lavoura, evitando possíveis problemas gerados por essa intervenção, tais como, pisoteamento de plantas e compactação do solo.

Com a facilidade e rapidez para se obter os resultados o produtor pode aplicar concentrações adequadas de insumo, evitando além do desperdício de insumos também a contaminação ambiental, tanto do solo como de lençóis freáticos, tornando sua produção eficiente e sustentável, ecologicamente correta.

# Precision Agriculture via remotely piloted aircraft: An alternative for farmer

## ABSTRACT

Agriculture is one of the most important sectors for society. Research on technologies that help increase crop yields as well as the use of adequate concentrations of inputs are essential for the current model. Aiming to aid in the control and adjustment of nutritional properties of the soil, foliar analysis is used, which demonstrates the nutritional status of a given crop in differentiated stages of development, improving the efficiency for fertilization management. Therefore, the use of aerial images via RPA can aid in the nutritional monitoring of plant cultures, through the acquisition of images and through their analyzes through algorithms. This technology does not physically interfere in the culture at the moment of the images collection, and allows a satisfactory coverage in a short time, providing efficiency in the agricultural production with sustainability, that is, food production in a technically adequate, ecologically correct way, Socially just and economically viable..

**KEYWORDS:** DPI. Colorspace. Threshold.

## REFERENCIAS

AGUILAR, F. J.; AGUILAR, M. A.; FERNÁNDEZ, I.; NEGREIROS, J. G.; DELGADO, J.; PÉREZ, J. L A new two-step robust surfacematching approach for three-dimensional gerefereencing of historical digital elevation models. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 9, n. 4, p. 589-593, jul. 2012.

Disponível em:

<<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6138282>>. Acesso em: 03 maio 2015.

ALMEIDA, J. A. Normas de segurança para implantação dos RPA civis no espaço aéreo brasileiro: uma nova abordagem. **Conexão Sipaer**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 212-220, nov. 2010. Disponível em:

<<http://inseer.ibict.br/sipaer/index.php/sipaer/article/viewArticle/51>>. Acesso em: 01 maio 2015.

ALMEIDA, J. S.; PRIETO, C. A. Automated Unsupervised Classification Of The Sloan Digital Sky Survey Stellar Spectra Using K-Means Clustering. **The American Astronomical Society**, v. 763, n. 1, jan. 2013. Disponível em:

<<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/763/1/50/meta>>. Acesso em: 04 julho 2017.

AMORIM, R, C. A survey on feature weighting based K-Means algorithms. **Journal of Classification** v. 33, n.2, p. 210-242, 2016

ARGENTA, G.; DA SILVA, P.R. F.; CLAYTON GIANI BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 158-167, jul. 2001. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-31312001000200005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-31312001000200005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 14 abr. 2015.

BALLARD, D. H.; BROWN, C. M. **Computer Vision**. 1ª ed. Nova Jersey: Editora Prentice Hall, 1982.

BRADSKI, G.; KAEHLER, A. **Learning OpenCV, Computer Vision with the OpenCV Library**. 1ª ed. Califórnia: O'REILLY, 2008.

BRAHMBHATT, S. **Practical OpenCV**. Estados Unidos: Apress, 2013.

CARNEIRO, M. A. C.; DE SOUZA, E. D.; REIS, E. F., PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157, 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/16.pdf> >. Acesso em: 14 abr. 2015.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras:UFLA/FAEPE, 2002. Disponível em: <[http://www.dcs.ufla.br/site/\\_adm/upload/file/pdf/Prof\\_Faquin/Diagnose%20do%20Estado%20Nutricional%20das%20Plantas.pdf](http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Diagnose%20do%20Estado%20Nutricional%20das%20Plantas.pdf) >. Acesso em: 14 abr. 2015.

GARCÍA, G. B.; ARANDA, J. L. E.; GARCIA, I. S.; SUAREZ, O. D.; TERCERO, J. S.; ENANO, N. V. **Learning ImageProcessingwithOpenCV**. Estados Unidos: PACKT, 2015.

GÓMEZ-CANDÓN, D.; CASTRO, A. I.; LÓPEZ-GRANADOS, F. Assessing the accuracy of mosaics from unmannedaerialvehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. **Precision Agriculture**, v. 15, n. 1, p 44-56, fev. 2014. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-013-9335-4> >. Acesso em: 03 maio 2015.

GONZALEZ, R., C.; WOODS, R. E. **Processamento digital de imagens**. 3ª ed. São Paulo: Editora Pearson, 2010.

HINTON, M. J. **Câmeras Digitais e Fotografia Para Leigos**. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2016.

KOZAK, K. **Management of large sets of image data: Capture, Databases, Image Processing, Storage, Visualization**. 1ª ed. Estados Unidos: BookBoon, 2014.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

MEDEIROS, F. A.; ALONÇO, A. S.; BALESTRA, M. R. G.; DIAS, V. E.; LANDERHAL JÚNIOR, M. L. Utilização de um veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento georeferenciado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2375-2378, nov. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000800046&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800046&lng=en&nrm=iso) >. Acesso em: 15 nov. 2014.

MULLA, D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, v. 114, n. 4, p. 358-371, set. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511012001419>>. Acesso em 03 maio 2015.

NASA. **The electromagnetic spectrum**. 2013a. Disponível em: <<http://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>>. Acesso em: 16 set. 2015.

NASA. **The electromagnetic spectrum**. 2013b. Disponível em: <<http://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum2.html>>. Acesso em: 16 set. 2015.

OPENCV. **Open Source Computer Vision**. 2016. Disponível em: <<http://docs.opencv.org/3.2.0/d1/dfb/intro.html>>. Acesso em: 16. Se. 2015

PINSKY, J. **As primeiras civilizações**. 25<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Contexto, 2011.

PONCE, J.; FORSYTH, D. **Computer Vision: A Modern Approach**. 2<sup>a</sup> ed. Editora: Pearson, 2003.

PRIMICERIO, J. A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture. *Precision Agriculture*, v. 13, n. 4, p. 517-523, jan, 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-012-9257-6>>. Acesso em: 01 maio 2015.

SCOTT; UMBAUGH. **Digital Image Processing And Analysis: Human And Computer Vision Applications With CVIPtools**. Estados Unidos: Taylor & Francis Group, LLC, 2010.

SONKA, M.; HLAVAC, V.; BOYLE, R. **Image Processing, Analisis, and Machine Vision**. 3<sup>a</sup> ed. Estados Unidos: Editora Thomson, 2008.

TEJADA, P. J. Z;VARELA, R. D.; ANGILERI, V.; LOUDJANI, P. Tree height quantification using very high resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. **European Journal of Agronomy**, v. 55, p. 89-99, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030114000069>>. Acesso em: 01 maio 2015.

TURNER, D.; LUCIEER, A.; WALLACE, L. Direct georeferencing of ultrahigh-resolution UAV imagery. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 52, n. 5, p. 2738-2745, mai. 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6553130>>. Acesso em: 03 maio 2015.

WARD, P. S.; BELL A. R.; PARKHURST G.M.; DROPELMANN, K.; MAPEMBA, L. Heterogeneous preferences and the effects of incentives in promoting conservation agriculture in Malawi. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 222, p. 67-79, abr. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880916300779>>. Acesso em: 15 abr 2016.

WATTS, A. C.; AMBROSIA, V. G.; HINKLEY, E. A. Unmannedair craft systems in remote sensing and scientific research: classification and considerations of use. **Remote Sensing**, Suíça, v. 4, n. 6, p. 1671-1692, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/4/6/1671/htm>>. Acesso em: 01 maio 2015. doi:10.3390/rs4061671

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmannedaerial systems for precision agriculture: a review. **Precision Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 693-712, jul. 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-012-9274-5>>. Acesso em: 03 maio 2015.

ZHOU, H; WU, J; ZHANG, J. **Digital Image Processing**. Estados Unidos: BookBoon, 2010.

**Recebido:** 10 maio 2017.

**Aprovado:** 07 dez. 2018.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.3895/rcaa.v1n1.7147>

**Como citar:**

Lajús, C. R.; Moretto, M.; Luz, G. L.; Filho, P.; Junges, M.; Correio, G. T. Agricultura de precisão via aeronave remotamente pilotada: uma alternativa para o homem do campo. **R. Comput. apl. agroneg.**, Medianeira, v. 1, n. 1, p. 1-23, jun 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbqv/article/view/3744>>. Acesso em: junho 2018.

**Correspondência:**

Cristiano Reschke Lajús

Av. Senador Atílio Fontana, 591 - Bairro Efapi

Chapecó – Santa Catarina / Brasil

**Direito autoral:**

Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

