

Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) no contexto do monitoramento agrícola

Lúcio André de Castro Jorge

lacjorge@gmail.com

The logo for AGSPEEC features the acronym in a bold, blue, sans-serif font. A green leaf-like graphic element is integrated into the letter 'A'. Below the text is a stylized, light blue globe showing the continents.

**Integração de dados multissensor e espectroscopia de reflectância
aplicados ao mapeamento de alvos estratégicos da agricultura tropical**

VANTS NA AGRICULTURA

- Vantagens sobre aeronaves convencionais e satélites
 - Custo de operação reduzido?
 - Facilidade de operação?
 - Menor risco para pessoas, animais e edificações?
 - Operação em menores altitudes e espaços reduzidos
- Desvantagem
 - Menor estabilidade de vôo
 - Pouso e decolagem
 - Autonomia de vôo
 - Atitude da aeronave

SATÉLITE OU VANT

- Satélites representam um meio extremamente conveniente para a obtenção de imagens aéreas.
 - Vantagens:
 - Estabilidade;
 - Confiabilidade;
 - Desvantagens:
 - Baixa resolução temporal;
 - Média resolução espacial;
 - Maior interferência da atmosfera.
-

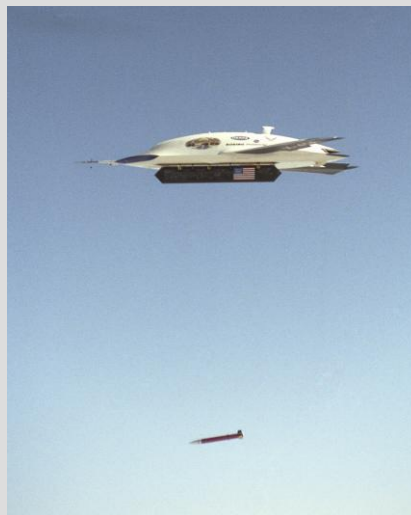
Veículos Aéreos Não Tripulados antes de 2002



VANT de RECONHECIMENTO



VANT de COMBATE



ALVOS AÉREOS



OUTROS >

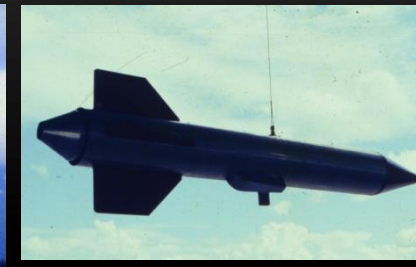


ARMAMENTOS
"STAND-OFF"



TRABALHOS NO BRASIL 1999

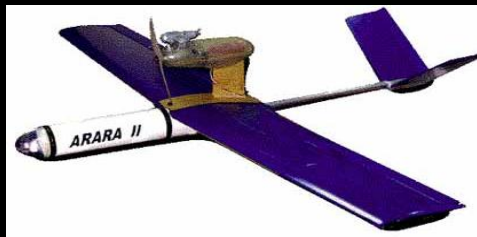
Aeronáutica (CTA)



Exército (CTEx/IPD)



Marinha (CASOP, IPqM)



← USP-SC /
EMBRAPA
1998

CENPRA



EMPRESAS →



TIPOS DE VANTS



Avião



Helicóptero



Dirigível

UAVs



UAVS



ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

- Fase I – (Início em 1998) aeromodelos comerciais
 - Autonomia de 30 minutos
 - Aeromodelos convencionais (helicópteros e aviões)
 - Motor tipo glow
 - Tamanho pequeno, com envergadura na faixa de 1,5m
 - Sistemas para acionamento remoto de câmeras
 - Obtenção de imagens geo-referenciadas
 - Transmissão de vídeo de uma câmera na aeronave em tempo real
 - GPS
 - Gerador de caracteres para exibição de dados do GPS na imagem do vídeo
 - Módulos para aumento de estabilidade (giroscópicos, óticos)
 - Imagens no espectro visível
 - Processamento off-line

AEROMODELO COMERCIAL



MODELO HELICÓPTERO



RESULTADOS – FASE I

- Imagens no visível com câmeras químicas
 - Dificuldades:
 - vibração;
 - estabilidade;
 - autonomia;
 - Capacidade de armazenamento das imagens
 - Câmeras digitais com resolução menor que 1Mpixel
 - Viabilidade de obtenção de imagens nítidas
 - Criação de um framework de processamento de imagens
-

RESULTADOS – FASE I



RESULTADOS – FASE I



RESULTADOS – FASE I



ETAPAS DO PROJETO

- Fase II – Aeronaves especificamente projetadas – 1998 a 2004

- Câmera da visão do piloto
- Instrumentação de bordo com telemetria (rede local de sensores)
 - Motor – rotação, nível de combustível
 - Nível de carga das baterias
 - Altímetro, *climb*, velocímetro (barométricos)
 - Bússola giroscópica, horizonte artificial
 - GPS – posição, altitude, velocidade em relação ao solo
- Módulo para obtenção automática de fotografias
- Operação por *joystick* em estação de comando no solo
- Imagens no visível e processadas off-line

AERONAVE DESENVOLVIDA – FASE II



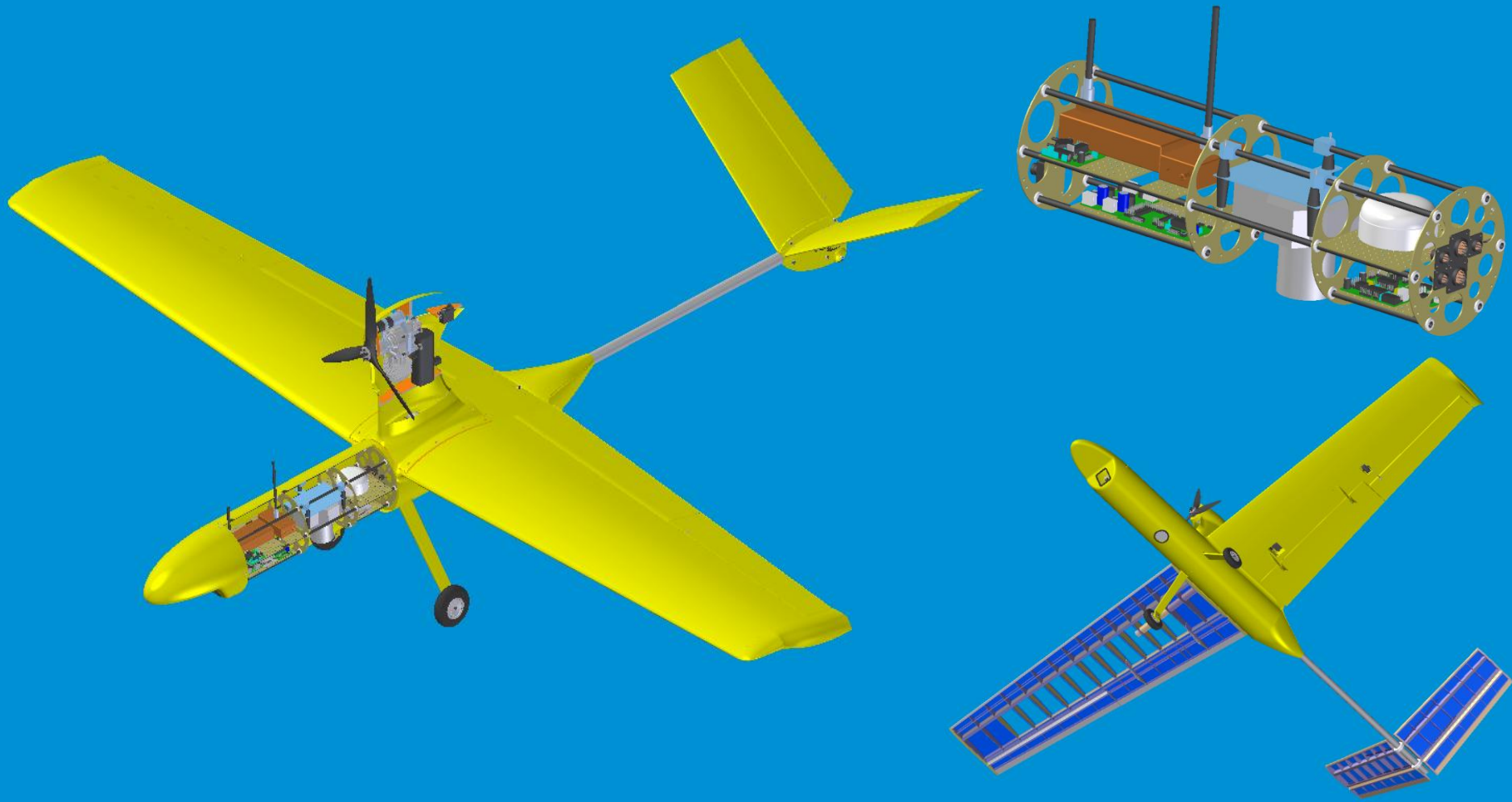
FASE II

- Obtenção de recursos junto a iniciativa privada – Fazenda Campo Bom – **4 milhões**
- Aprovação de projeto dentro da Embrapa
- Obtenção de bolsa de alunos para ingressar no projeto
- Proteção da tecnologia: **patente da Embrapa em 2004.**
 - Obs: USP não quis patentear na época e depois criou o INCT-SEC

AERONAVE FASE II



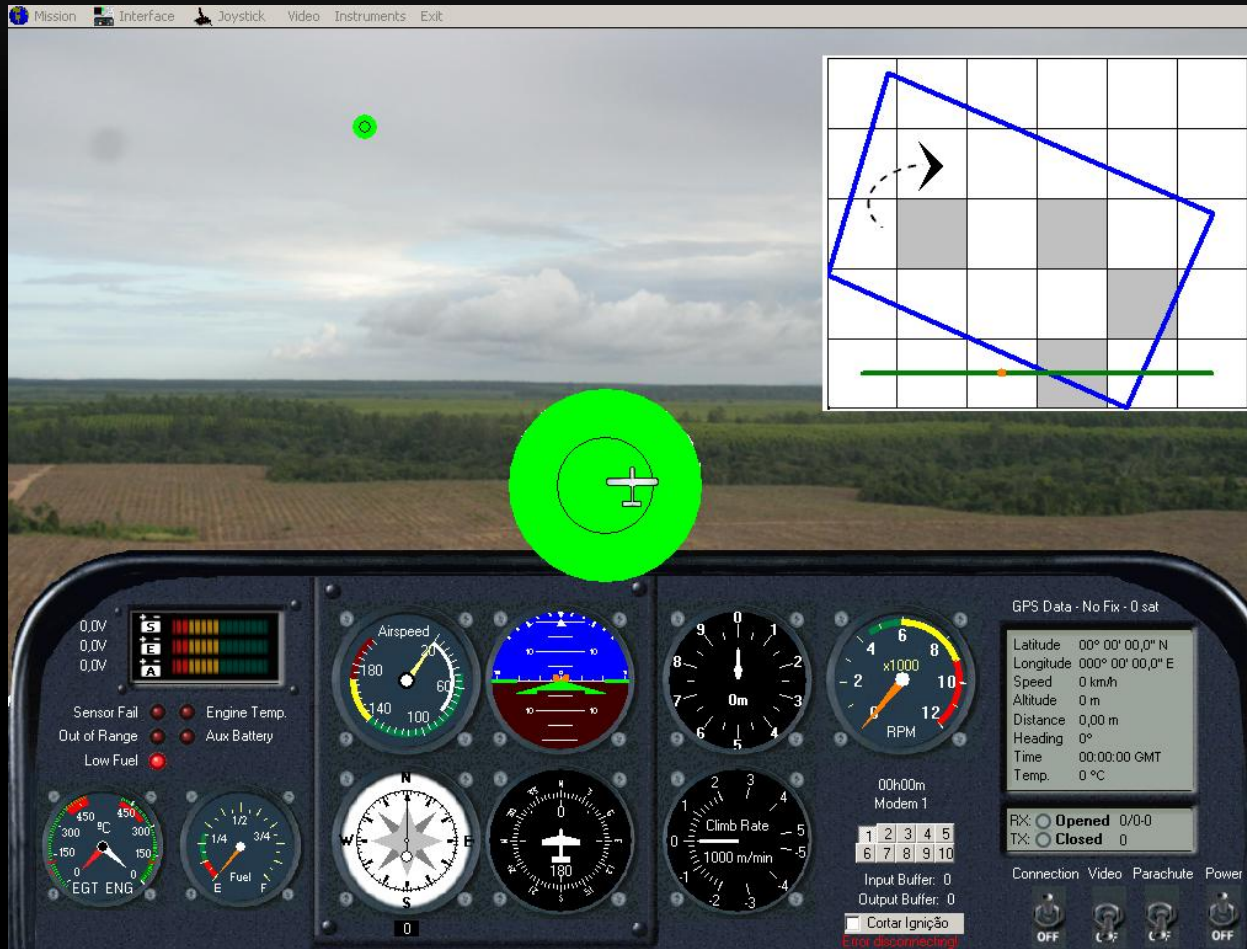
RESULTADO – FASE II



RESULTADOS – FASE II



RESULTADOS – FASE II



RESULTADOS – FASE II

- Sensores



➤ Câmera Fotográfica Digital



➤ Câmera de Vídeo Digital

RESULTADOS – FASE II

- **Características da Aeronave**

Envergadura: 3,0 m	Alcance: Até 20 Km *
Comprimento: 2,3 m	Autonomia: 7 horas
Altura: 0,6 m	Velocidade máxima: 150 Km/h
Peso vazio: 8,5 Kg	Velocidade de Cruzeiro: 100 Km/h
Carga Útil: 7,5 Kg	Velocidade Stall: 40 Km/h
Peso máximo: 16,0 Kg	Teto de vôo: 2500 m

RESULTADOS – FASE II

Estação de Controle e Operação



Resultados – fase II tentativa de transferência



DECOLAGEM



RESULTADOS EM 2005 - FASE II

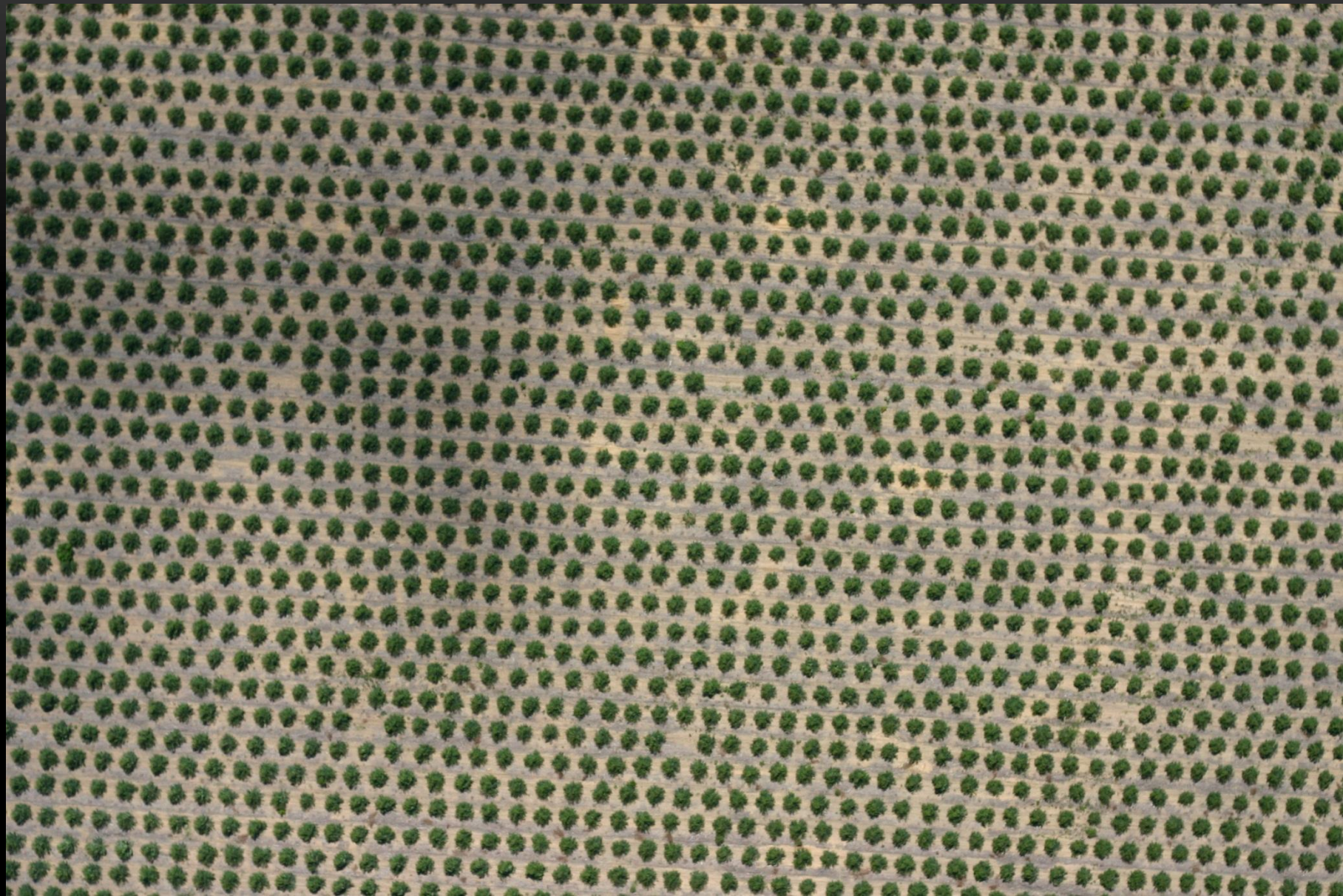
- Imagens no visível de 6Mpixel
- Testes até 5Km
- Problemas de quedas das aeronaves (desde o início foram 25 perdas completas)
- Início do estudo de sistemas de segurança

IMAGENS DE EUCALIPTO



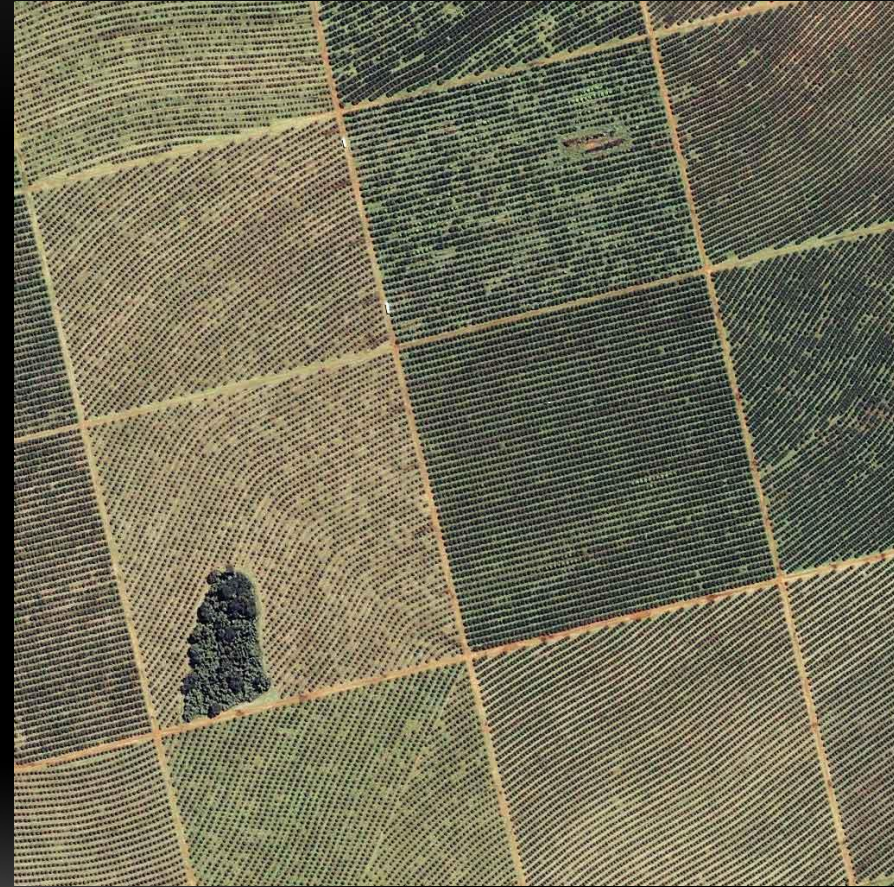
FUCAI IPTO





Diferentes altitudes

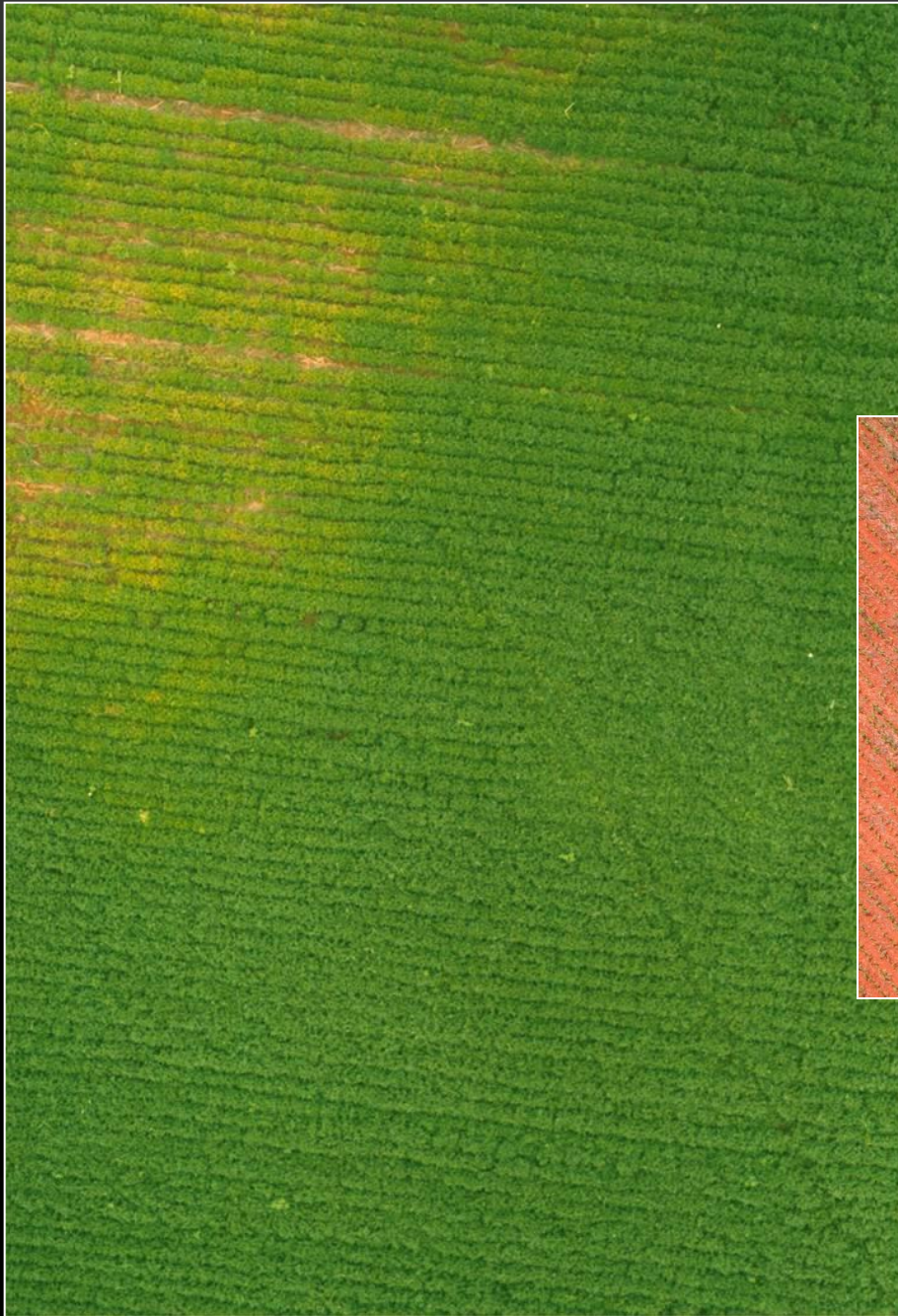
Citrus



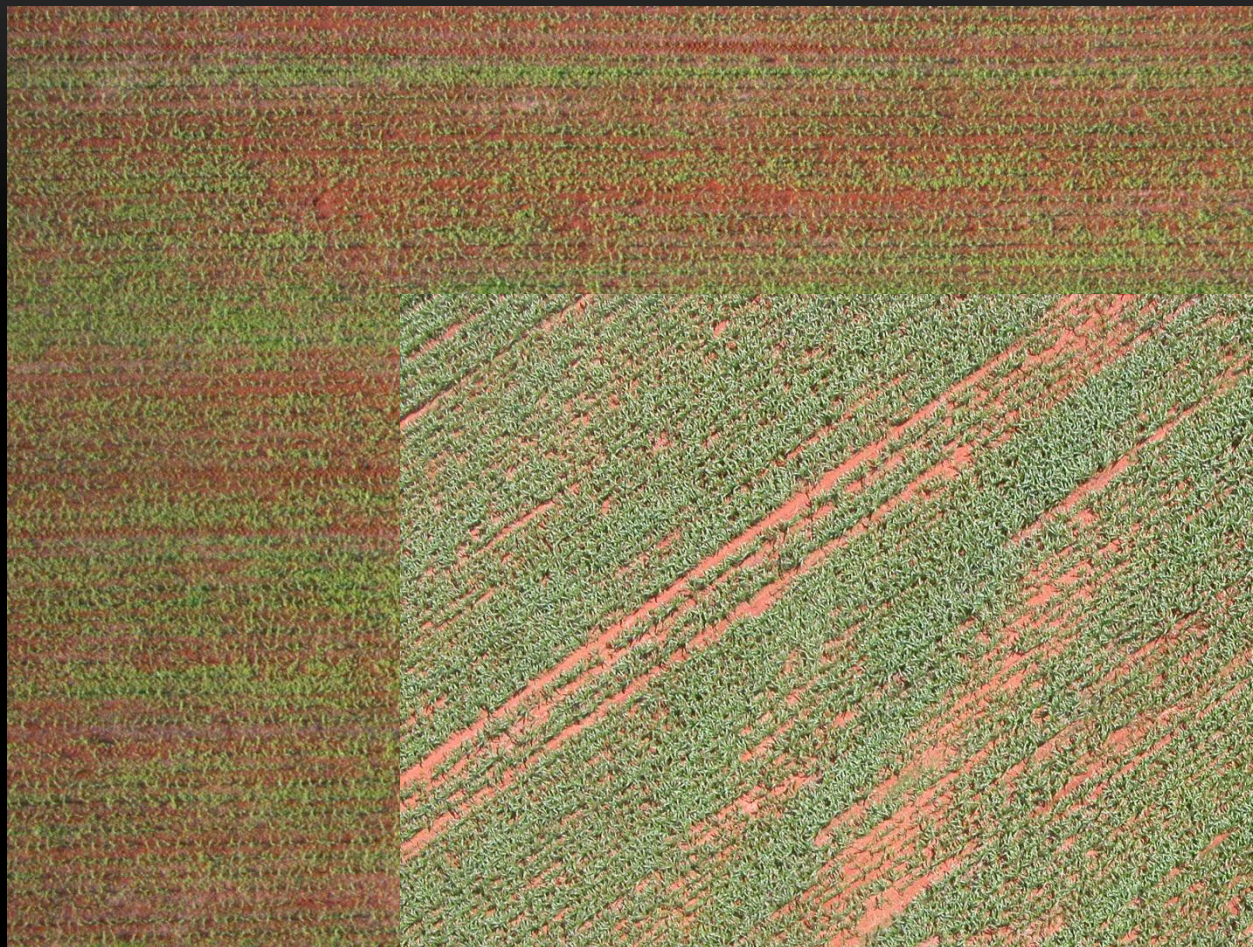




SOJA E MILHO



MILHO COM 30 DIAS



CANA



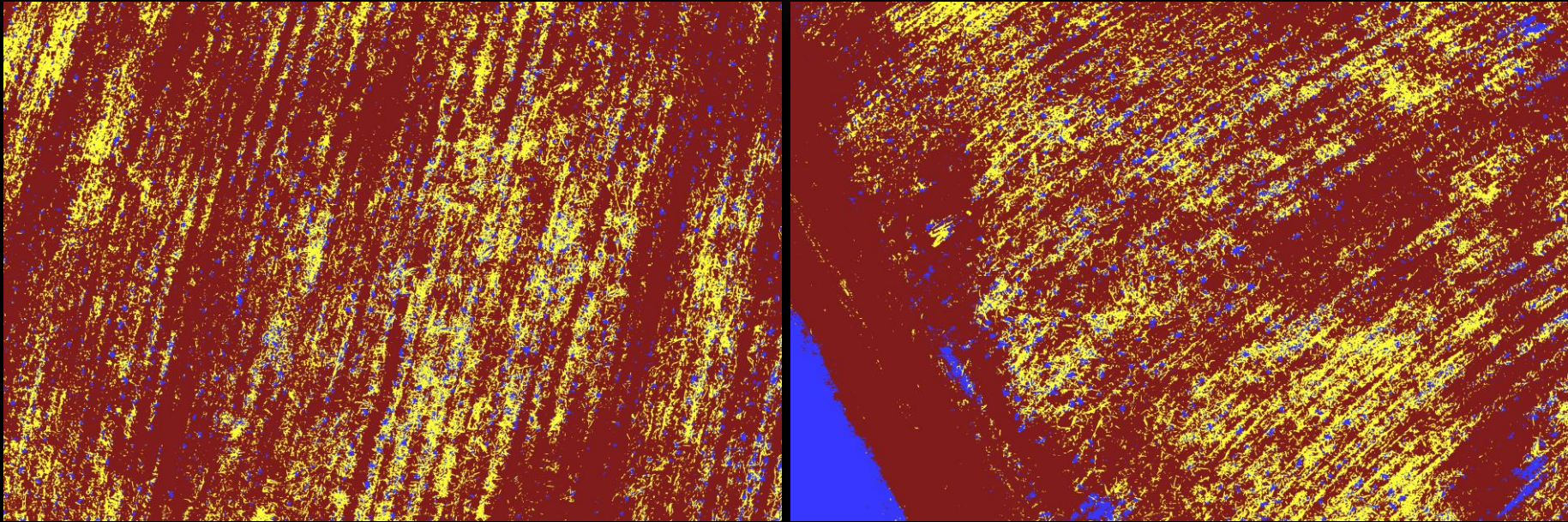
ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

- Fase III – Novas Aeronaves
 - Gerador de energia acoplado ao motor
 - Autonomia de várias horas de vôo
 - Comunicação com a aeronave: satélite ou GSM
 - Módulo de planejamento da missão
 - Módulo de navegação Módulo de controle de vôo (piloto automático)
 - Módulo multiespectral

PROCESSAMENTO DAS IMAGENS E GERAÇÃO DE INFORMAÇÃO


Análise de dados - Sensoriamento Remoto

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS POR REDES NEURAIIS
(MLP BACKPROPAGATION)

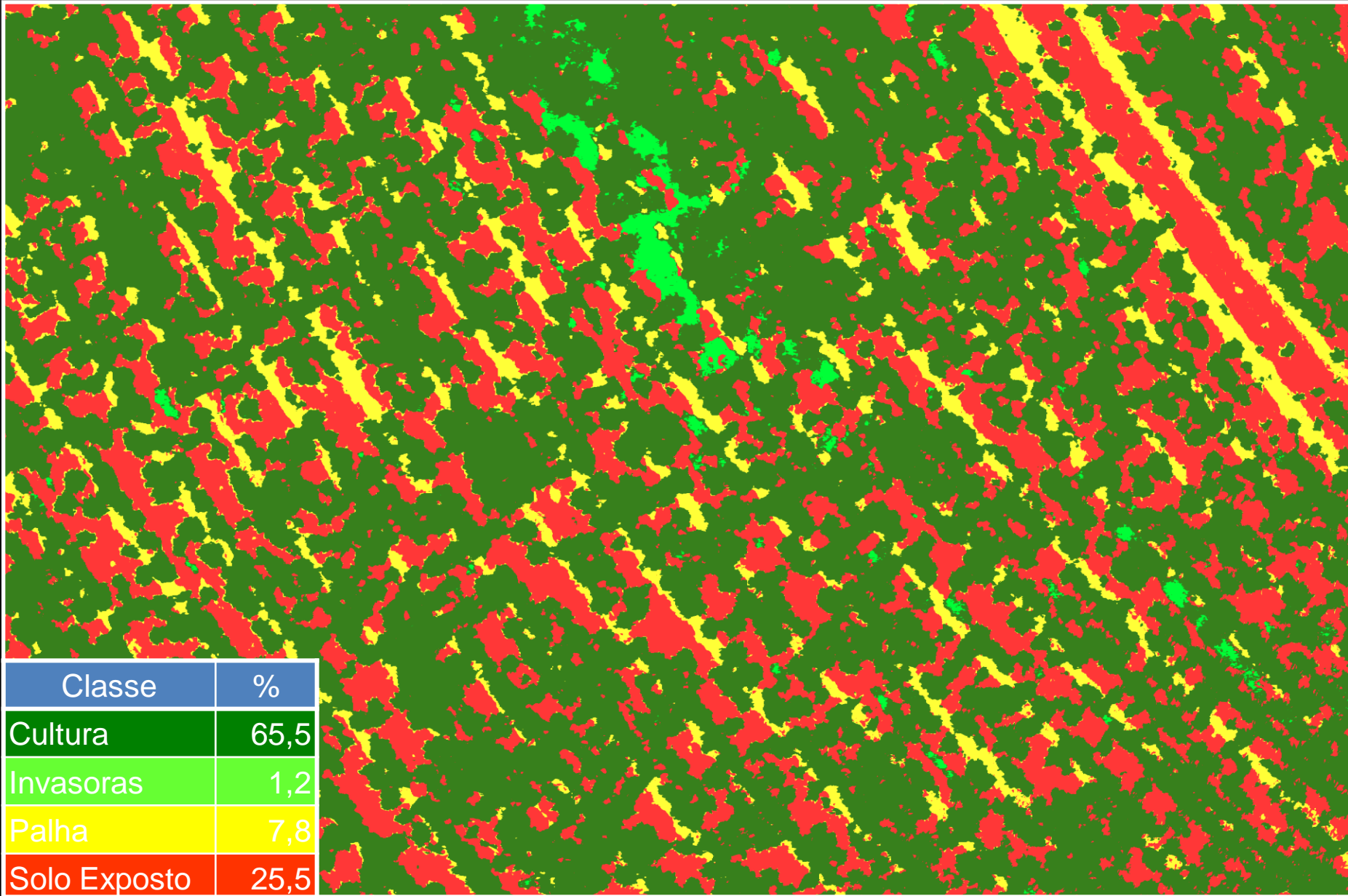


Legenda

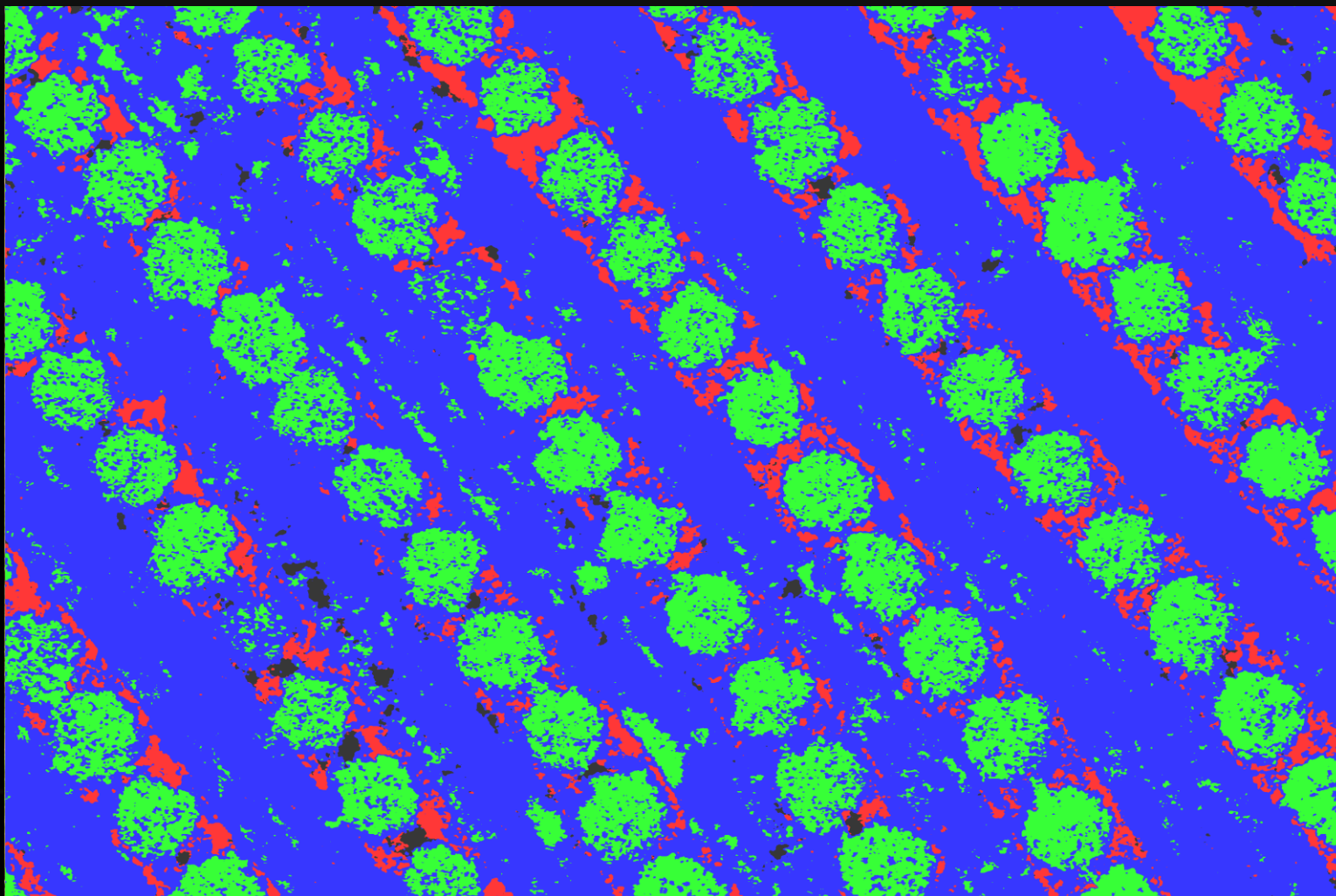
 Cana

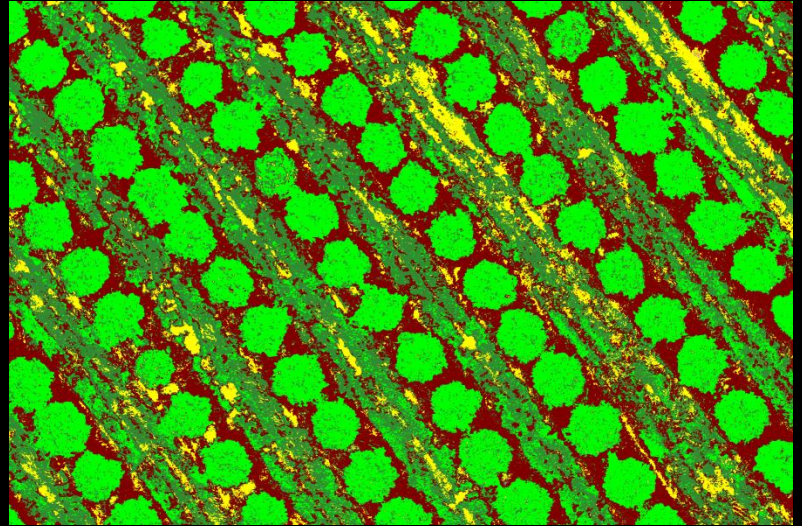
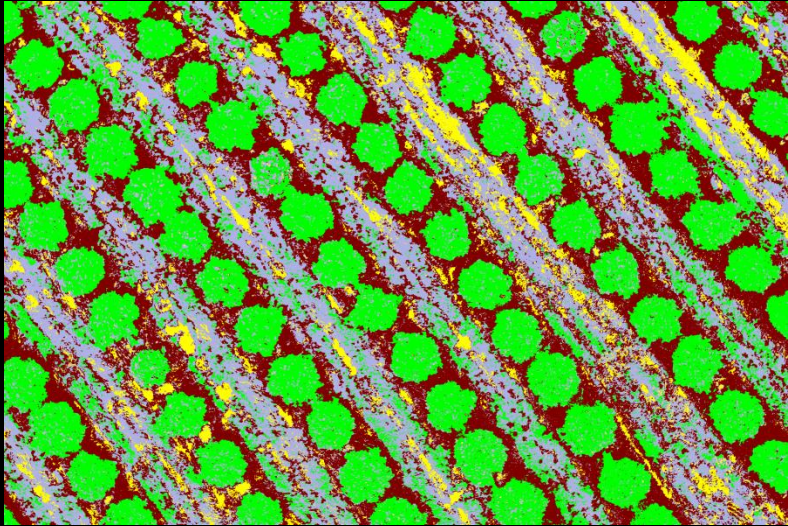
 Palha

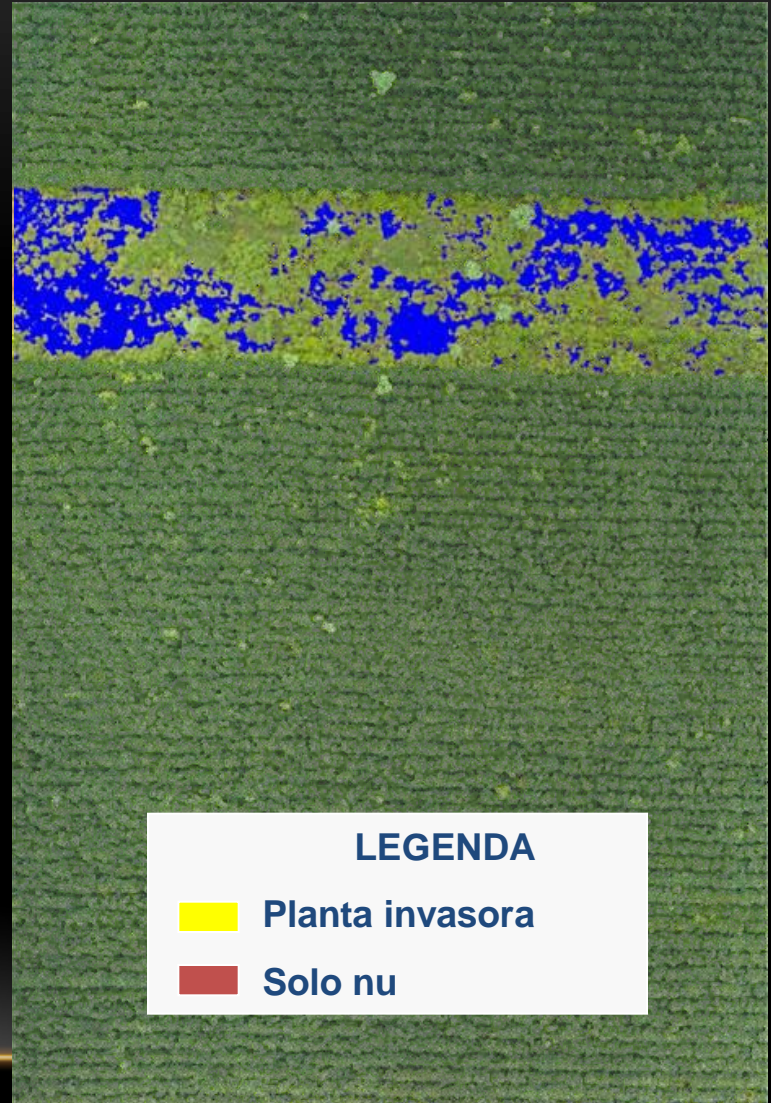
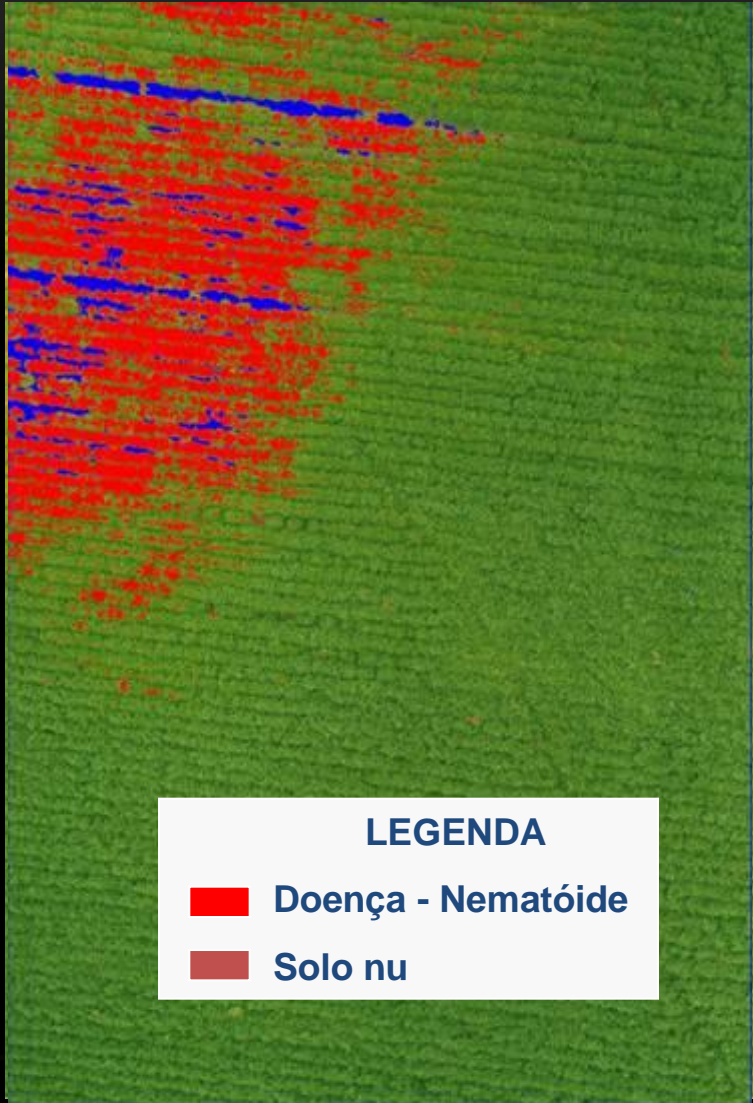
 Solo



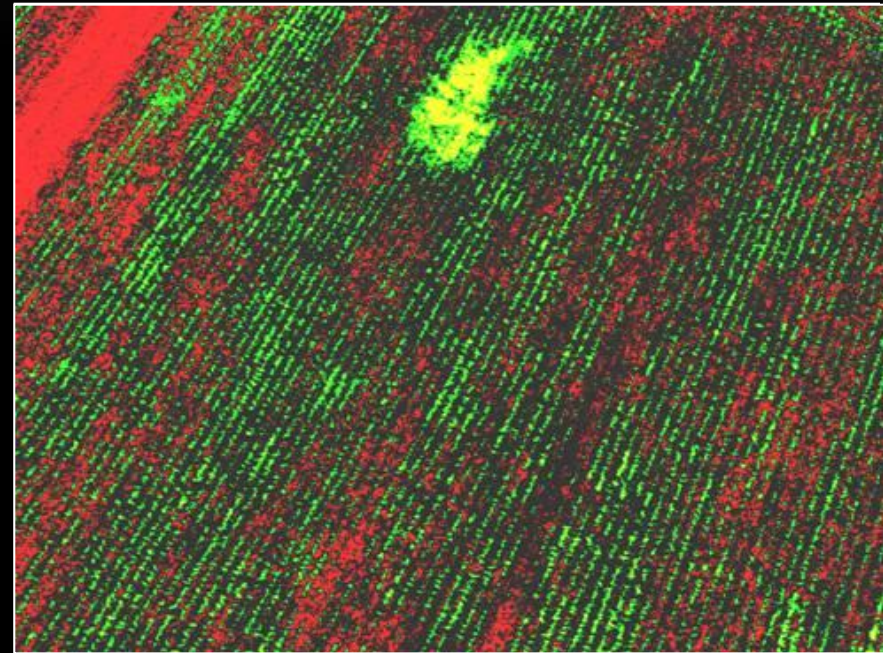
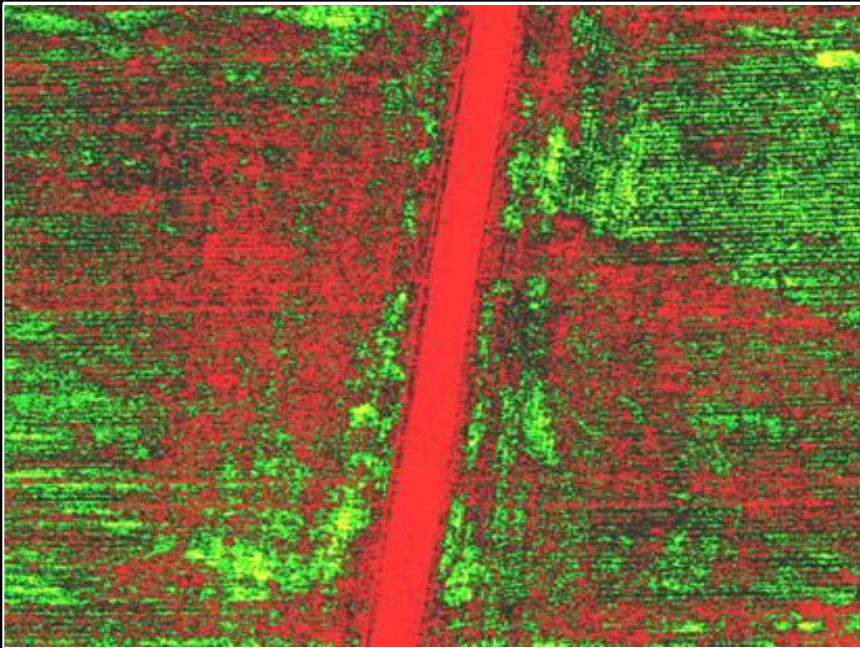
AQUISIÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS *CITRUS*







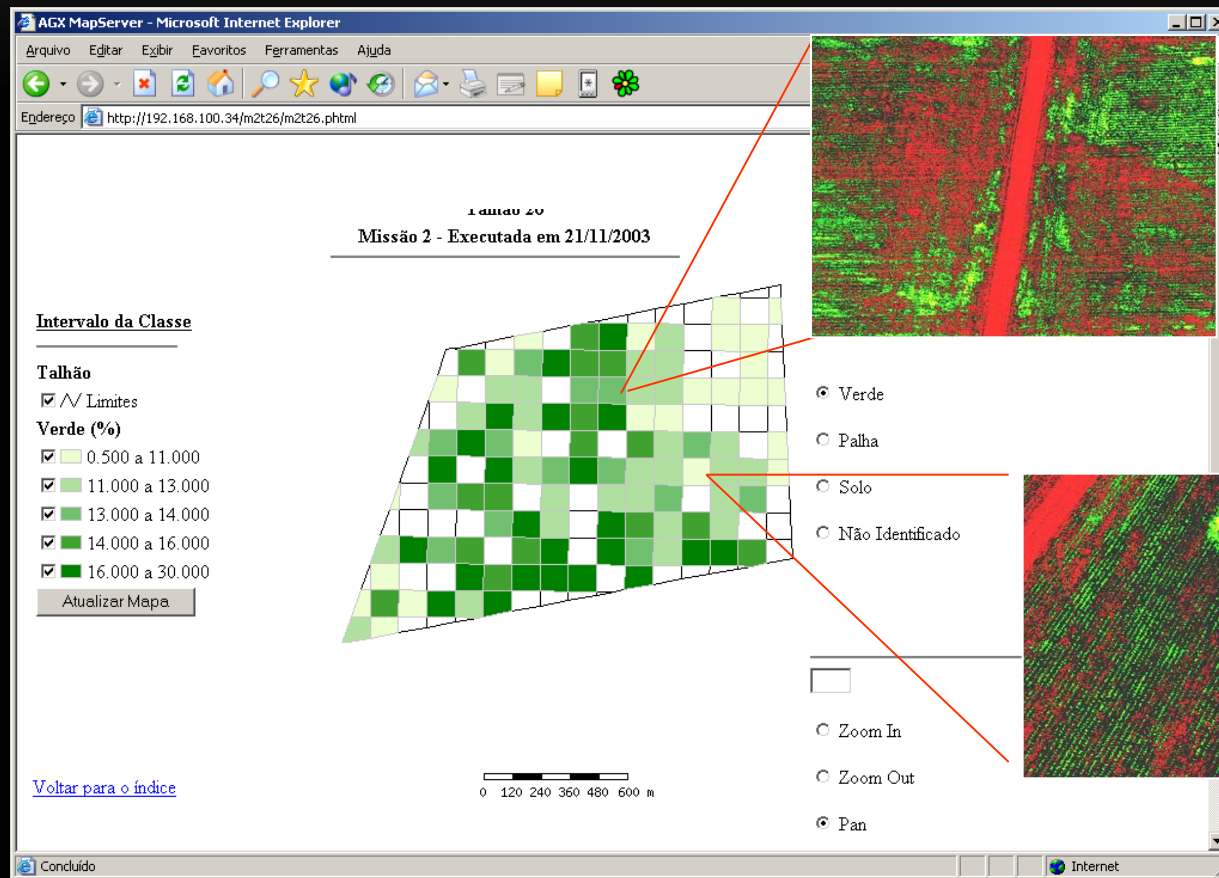
AQUISIÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS MILHO



LEGENDA

-  Palha
-  Cultura
-  Solo
-  Planta invasora

Análise de dados – geração dos mapas de controle



Coleta de dados – Inspeções a campo

Computação

+



A coleta de dados com sistemas portáteis podem ser guiadas por análise prévia das imagens aéreas. Com isto a amostragem e inspeção a campo só ocorrem onde foram observadas variações

Coleta de dados – Inspeções a campo



SOFTWARES DISPONÍVES



Agricultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

BRASIL
gov.br

Embrapa
Instrumentação

Laboratório de Imagem
Softwares Gratuitos

The banner features a collage of agricultural and technological elements: a computer monitor, a globe, a field of crops, a close-up of a leaf, and various data visualization charts and maps. The text 'Agricultura' and 'Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento' is in the top left, 'BRASIL gov.br' is in the top right, and 'Embrapa Instrumentação' is centered. Below the banner, 'Laboratório de Imagem' and 'Softwares Gratuitos' are displayed.

Anatro Livre®

SisCob®

AFSoft®

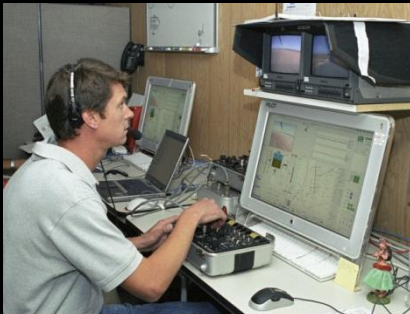
Safira

SacaM

GeoFielder®

AVANÇOS DA TECNOLOGIA

- Uso de VANT na Agricultura
 - NASA – monitoramento café - 2002



NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
<http://www.dfrc.nasa.gov/Gallery/Photo/index.html>
NASA Photo: EC05-0186-18 Date: August 31, 2005 Photo By: Tom Tschida
AeroVironment pilot Wyatt Sadler controls the Pathfinder-Plus flying wing from a small console, video and computer monitors in the ground station.



NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
<http://www.dfrc.nasa.gov/Gallery/Photo/index.html>
NASA Photo: EC05-0186-17 Date: August 31, 2005 Photo By: Tom Tschida
AeroVironment engineers and technicians closely monitor flight data in the ground control station during the Pathfinder-Plus' turbulence measurement flights.



PULVERIZAÇÃO BAIXO VOLUME - 2005

- Mais de 1000 vendidos
- 80 mil dólares
- Apesar dos resultados obtidos com o Equipamento, foi proibido de ser vendido por ter causado mortes no Japão.



VÔOS EM EXPERIMENTOS UNIVERSIDADE DE PURDUE - 2000

- Imagem típica com um VANT



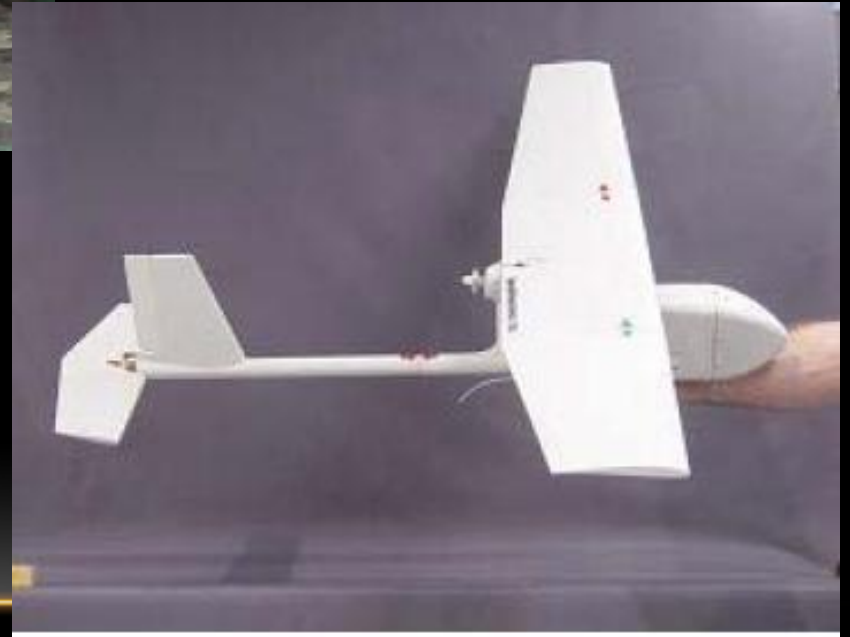
NIR E VISÍVEL



TECNOLOGIA DE ISRAEL – JÁ DISPONÍVEL NO BRASIL EM 2009



VANTS PARA ÁREA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL



UAV AGRÍCOLA NO CHILE



AÇÕES NO CHILE



UAV Stardust

Mini-UAV for
Agricultural Applications



UNMANNED
AERIAL SYSTEMS
IDETEC

The image shows a yellow and black UAV Stardust in flight against a clear blue sky. The aircraft has a high-wing configuration and a tail-mounted propeller. The text 'UAV Stardust' is prominently displayed in white. Below it, the text 'Mini-UAV for Agricultural Applications' is written in a smaller font. To the right, the IDETEC logo is visible, featuring a stylized white figure holding a staff or tool, with the words 'UNMANNED AERIAL SYSTEMS' and 'IDETEC' integrated into the design.

AÇÕES COMERCIAIS NO BRASIL EM 2011

- Só em São Carlos são mais de 6 empresas de VANT
- AGX: utiliza tecnologia da EMBRAPA e é parceira no INCT-SEC



PROJETO REDE AGRICULTURA PRECISÃO E FINEP 2010 A 2012



CAMERAS MULTISPECTRAIS ADQUIRIDAS



Câmera multiespectral de 2 bandas



Câmera multiespectral de 3 bandas



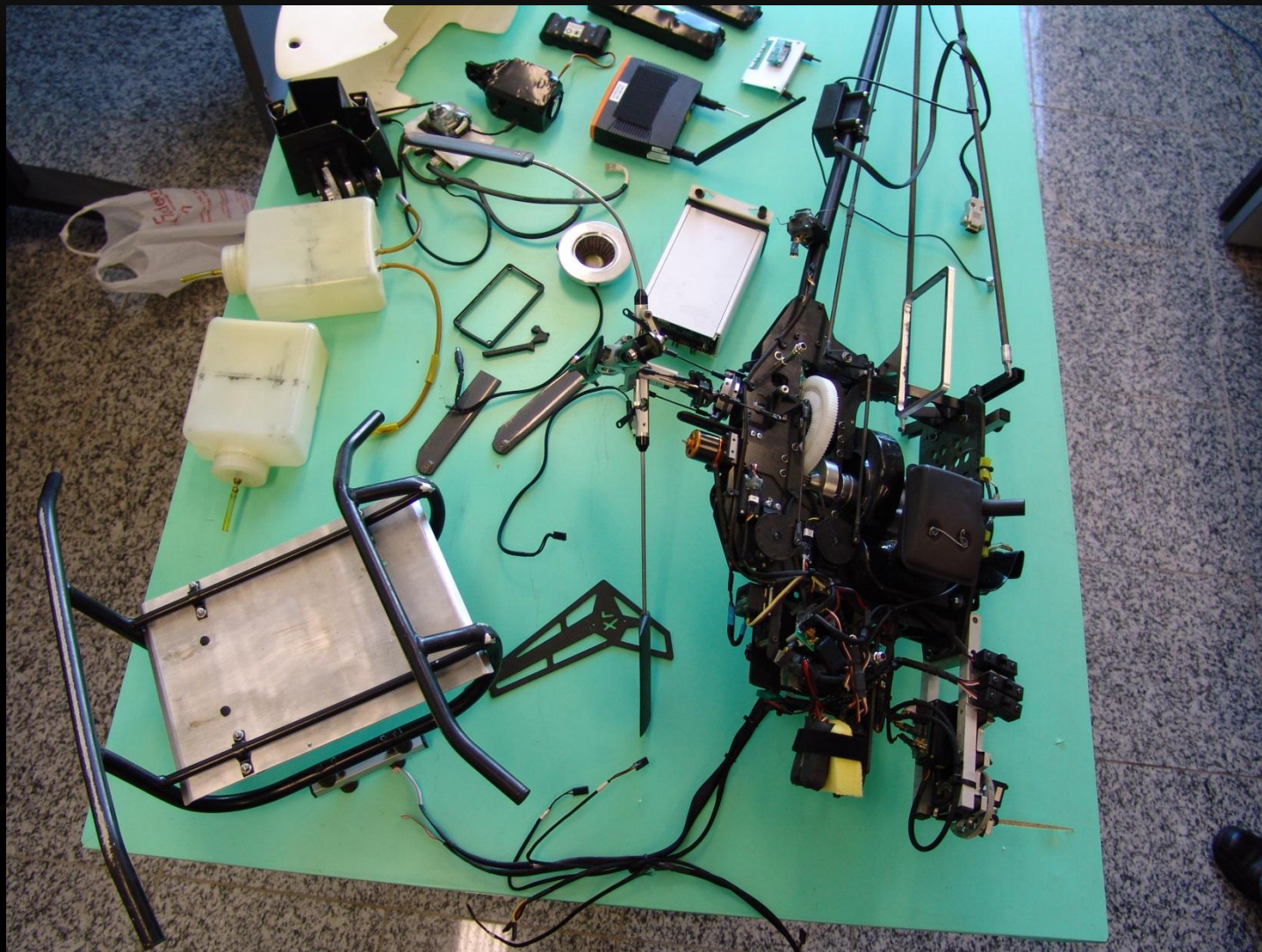
CAMERA HIPER



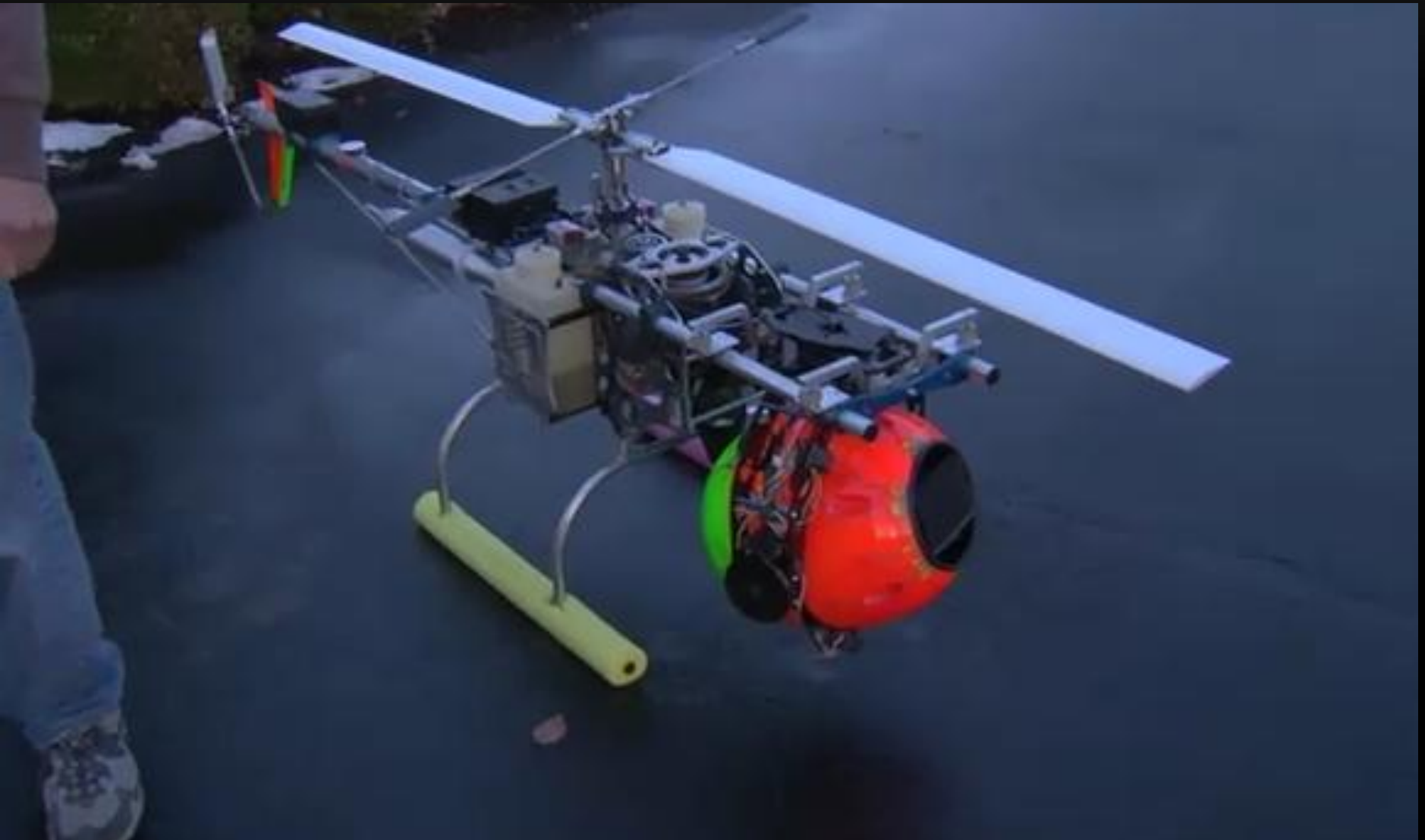


TETRACAM

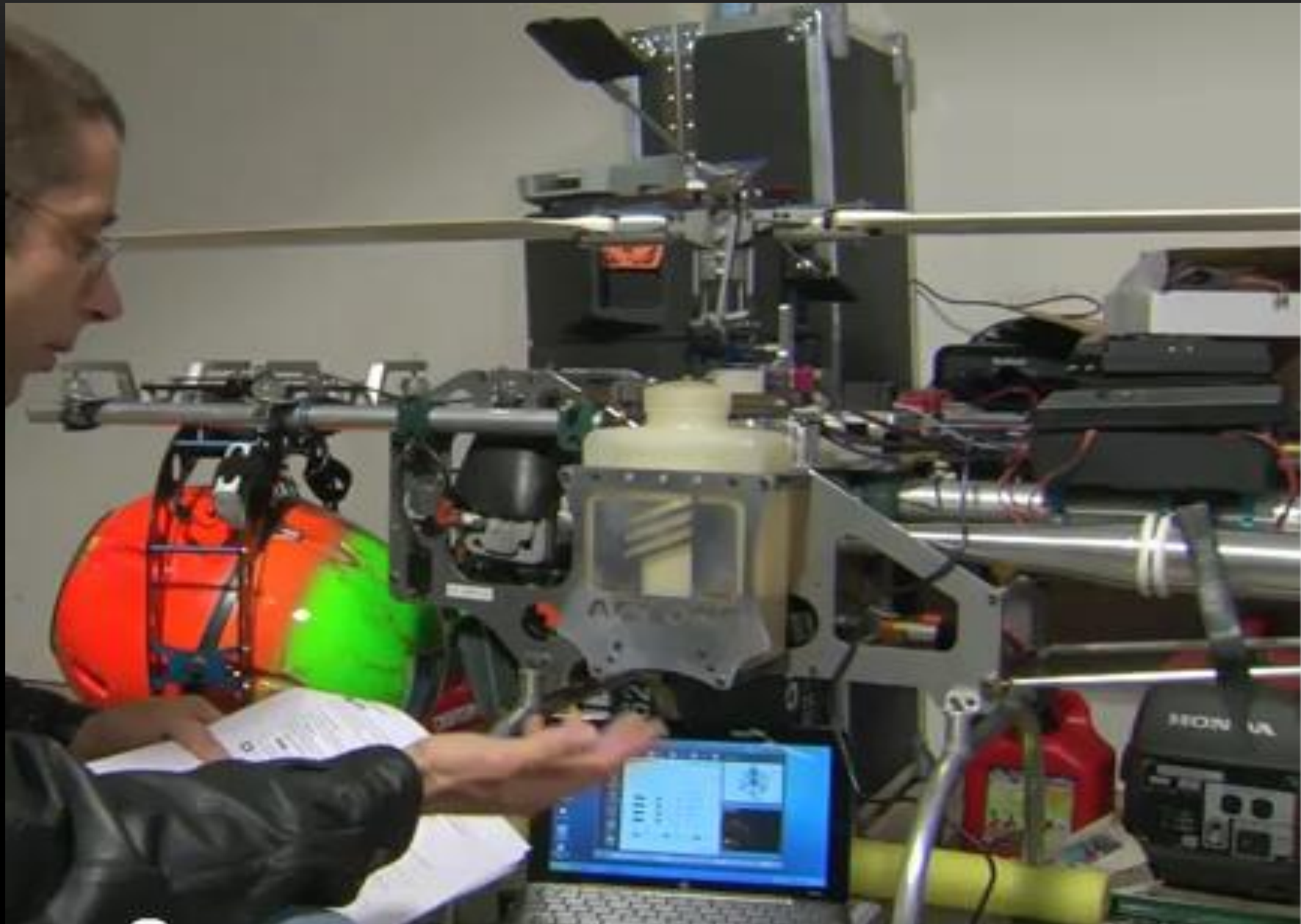
ACIDENTE COM EQUIPAMENTO



NOVO FRAME – COPTERWORKS EM FASE FINAL DE IMPORTAÇÃO



NOVO FRAME



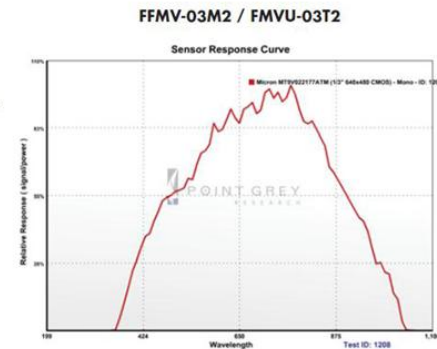
SOLUÇÃO MAIS BARATA

Hardware:

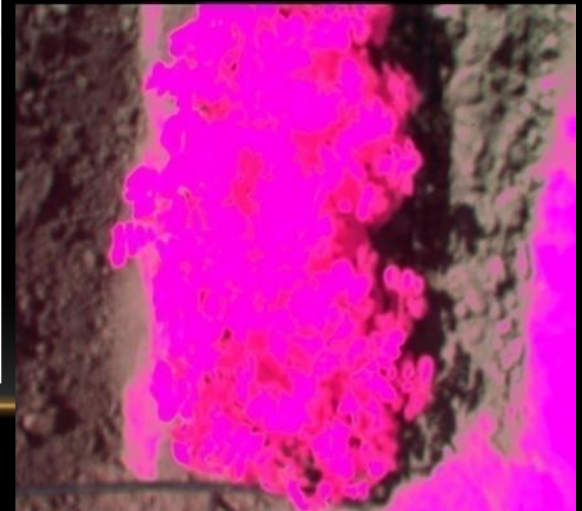
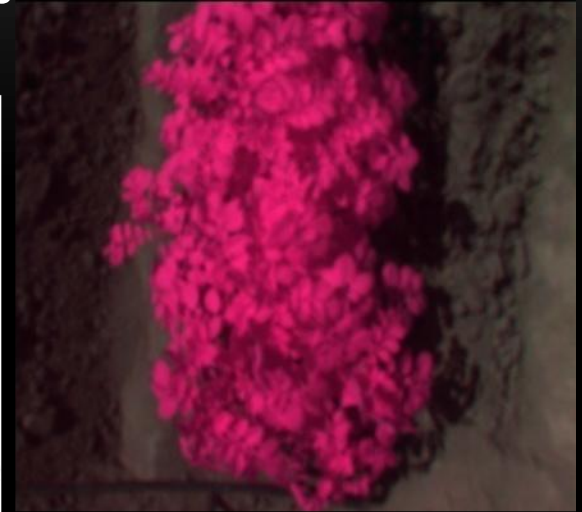
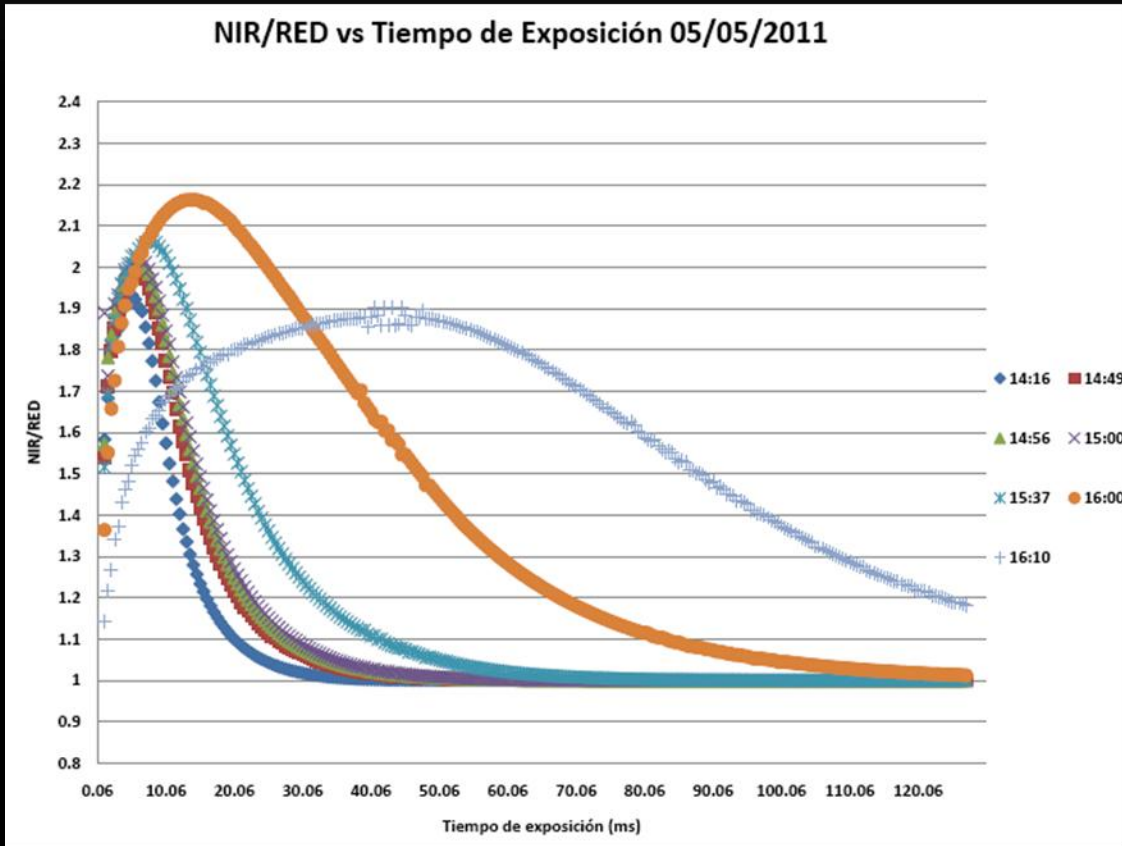
- Câmeras Firefly MV.
- Lente de 8.5 nm.
- Filtros em 656 nm. e e NIR 830 nm.
- Computador PC2.

Software:

- Linguagem C.
- NX client.
- Putty



AJUSTES NO TEMPO DE EXPOSIÇÃO



REGISTRO DAS IMAGENS



Imagem Filtro Vermelho

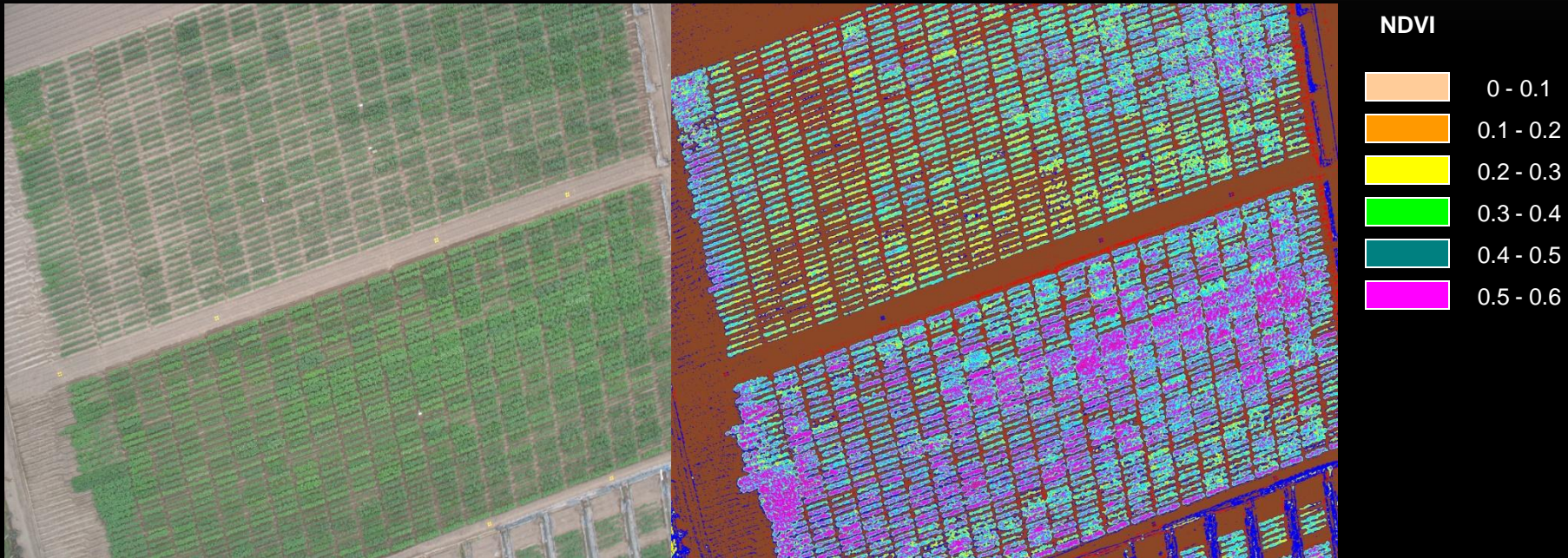


Imagem filtro NIR

NDVI



STRESS HÍDRICO

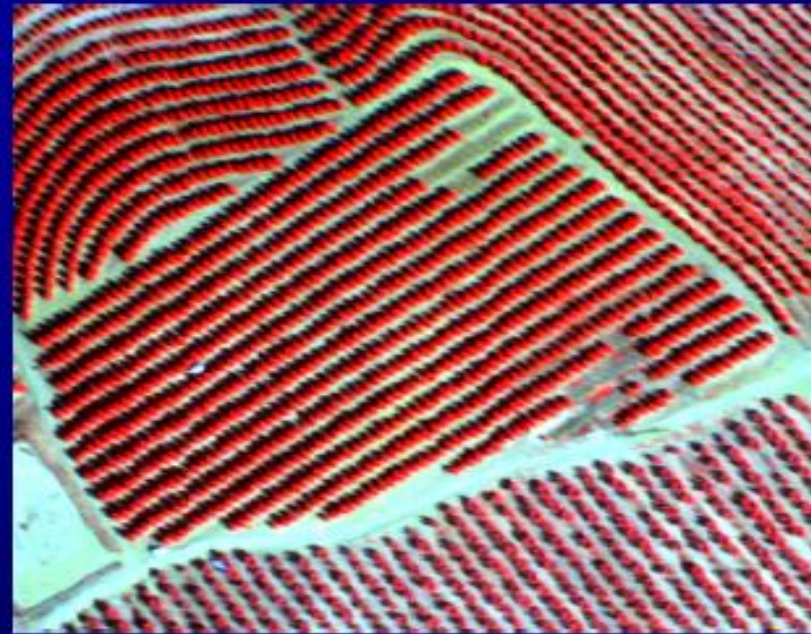
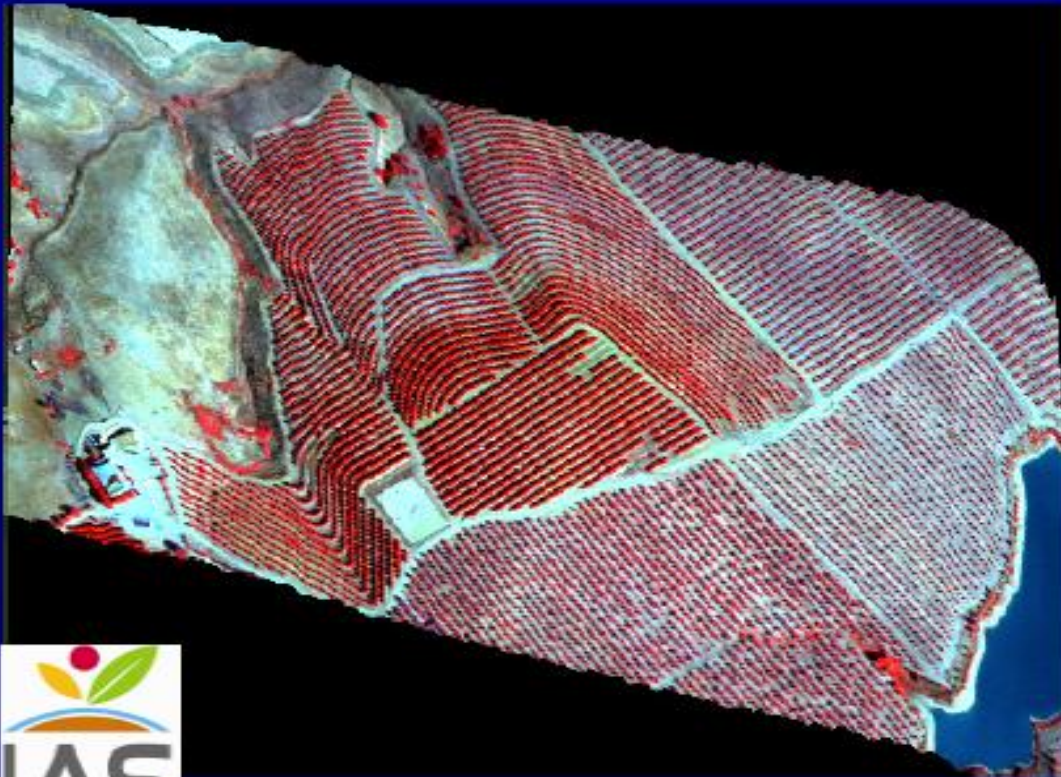


VISITAS REALIZADAS EM 2011 E 2012

- ESPANHA – sistema VANT com câmara Hiperespectral
 - ALEMANHA – CEBIT 2012
 - Chile – Universidade Mayor
 - Universidade de Cranfield – UAVs na Agricultura
-

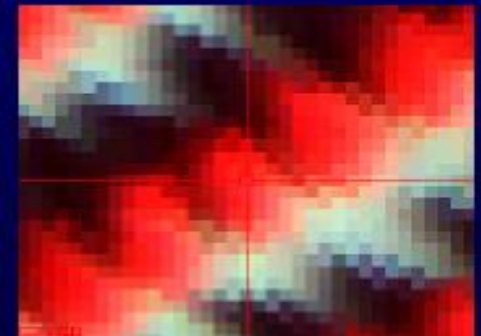
ESPAÑA

Hyperspectral imagery acquired with an UAV platform over orchard crops



Imagery acquired at 40 cm resolution and 260 bands in the 400-900 nm region @ 5 nm FWHM

Hyperspectral imagery acquired from an UAV platform and the Micro-Hyperspec™ Imaging Spectrometer from Headwall Photonics. Imagery acquired at 550 m AGL over an orange orchard where stress detection experiments are conducted by QuantaLab at the Institute of Sustainable Agriculture (IAS), National Research Council (CSIC), Spain.



Hyperspectral Image Orthorectification

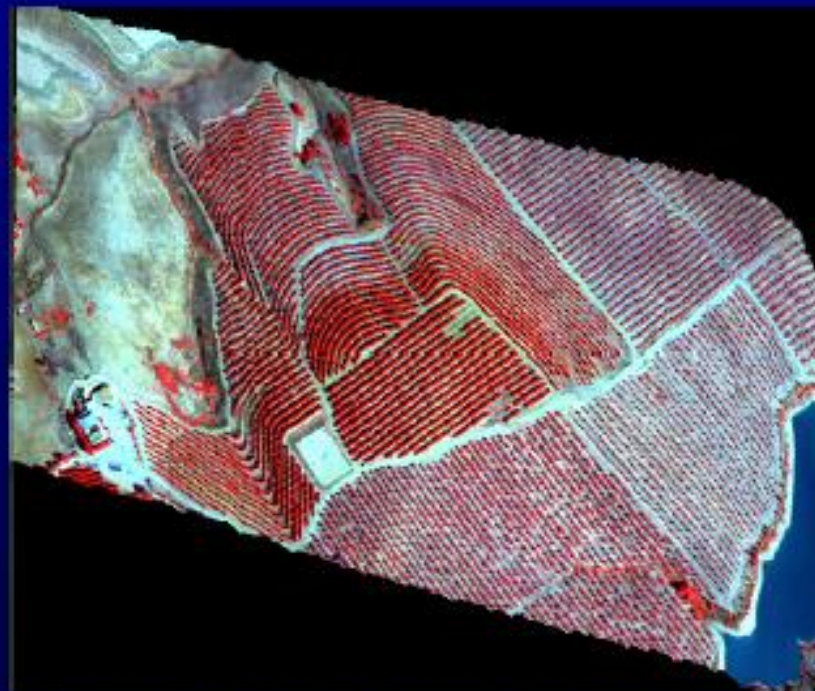
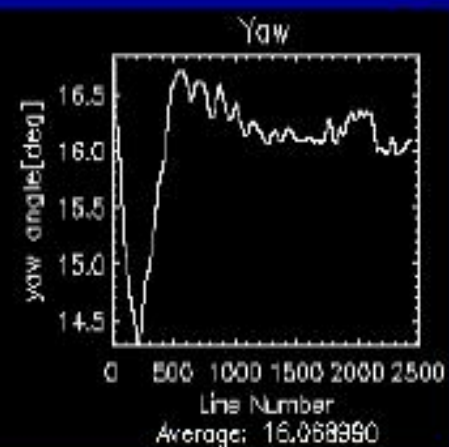
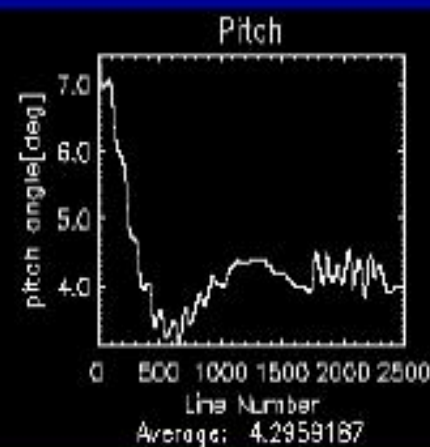
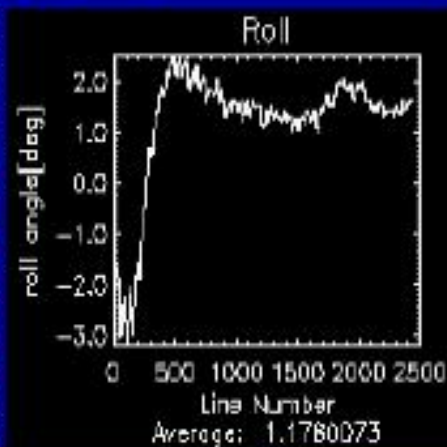
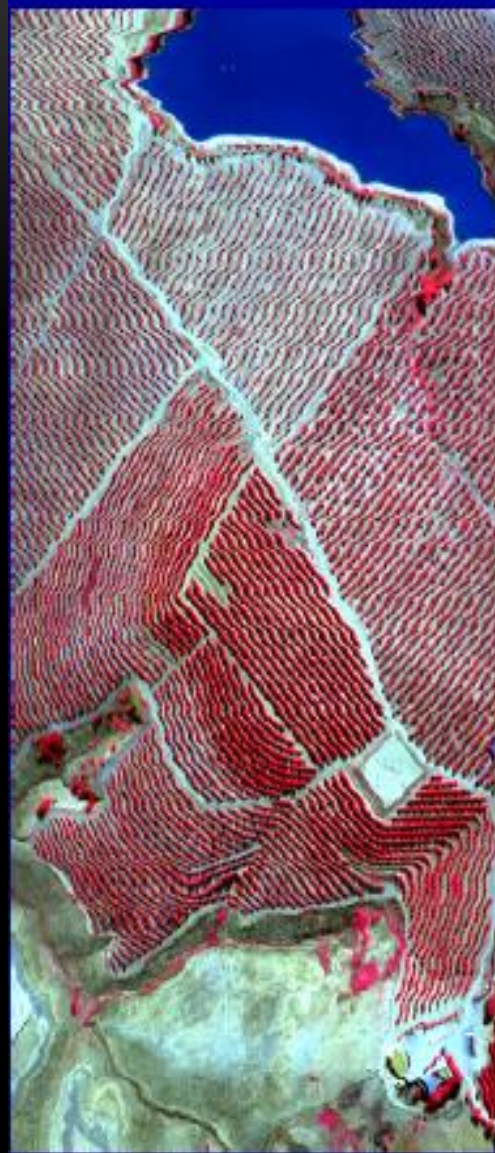


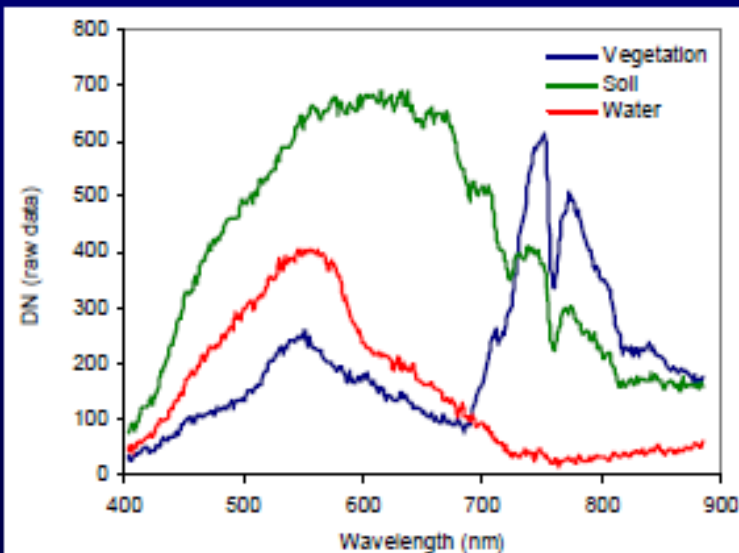
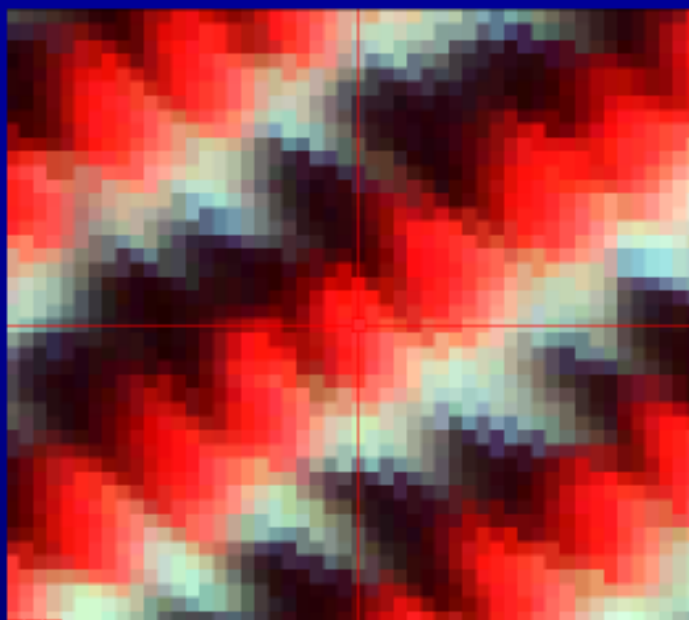
Image orthorectification is conducted using attitude data acquired with an AHRS instrument synchronized with the hyperspectral imager. Commercial software and IAS-CSIC algorithms are applied in the laboratory after each flight campaign.



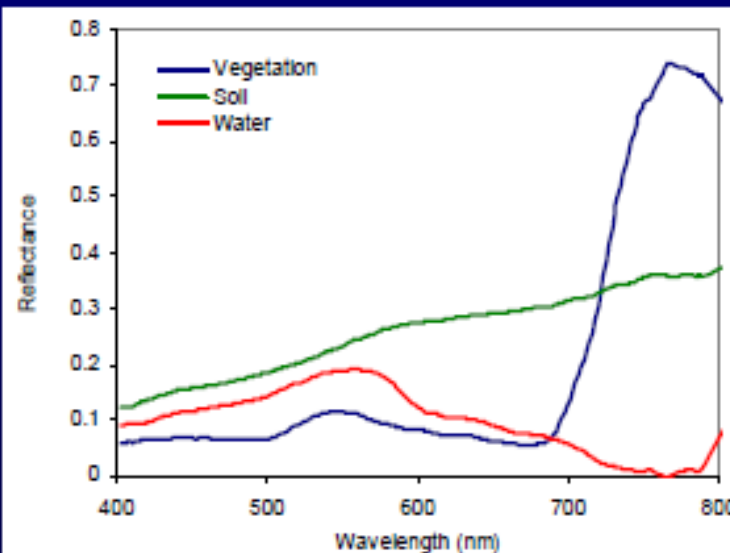
Image Calibration and Atmospheric Correction



Spectral calibration of the hyperspectral instrument is conducted at IAS-CSIC using Hg-Ar calibration lamps. Radiometric calibration coefficients are developed in the optics laboratory at IAS-CSIC using a radiometrically calibrated integrating sphere. Image calibration and atmospheric correction to obtain surface reflectance are conducted from field-measured data and aerosol optical depth measured at the time of flight. Radiance and reflectance imagery are produced after calibration algorithms are applied in QuantaLab IAS-CSIC Laboratory.



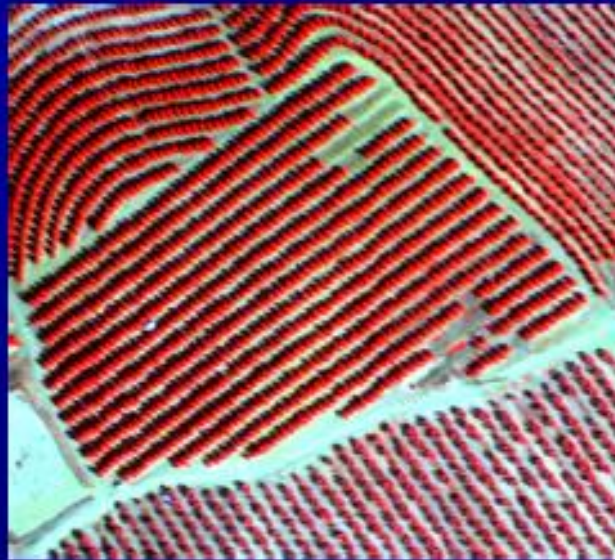
Raw data



Reflectance data

Imagery acquired at 40 cm resolution, 260 bands in the 400-900 nm region (5 nm FWHM).

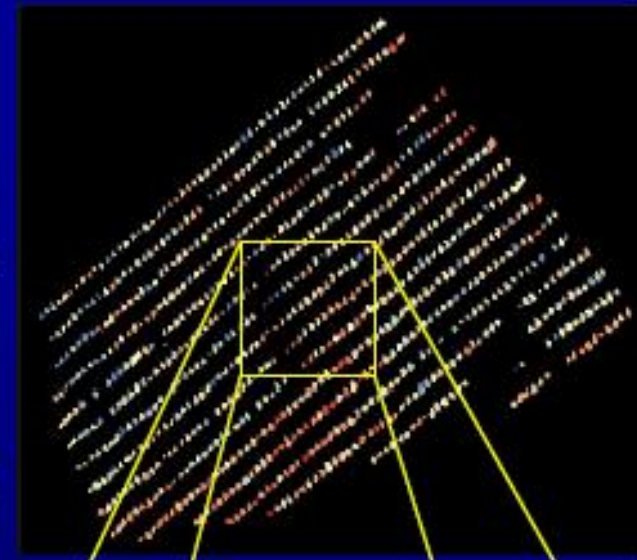
Hyperspectral Image Segmentation of the crop canopy



Hyperspectral reflectance image

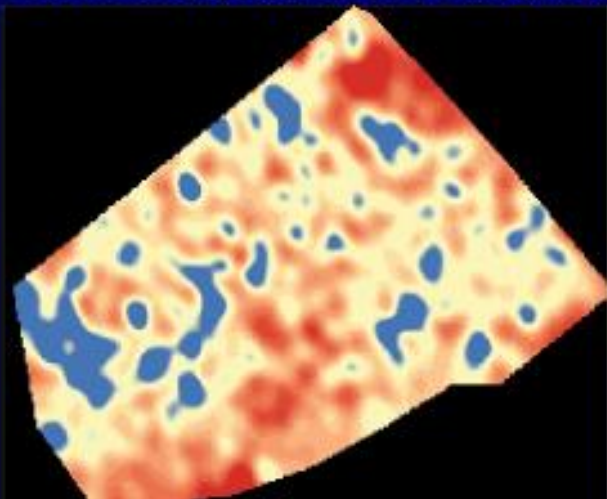


Object based
image analysis
for automatic
tree crown
identification
and stress
detection using
spectral indices

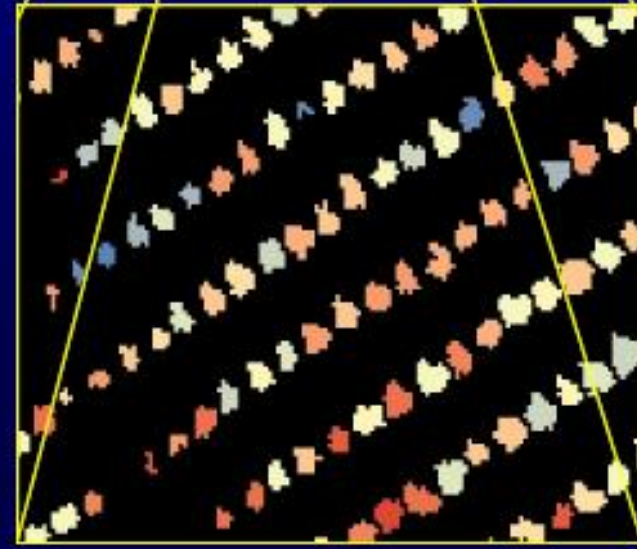


Object based analysis

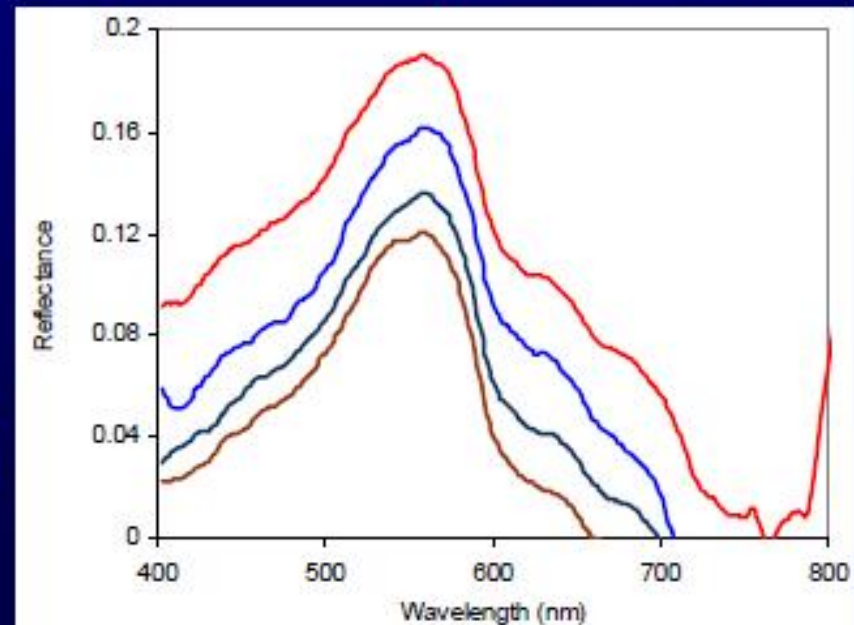
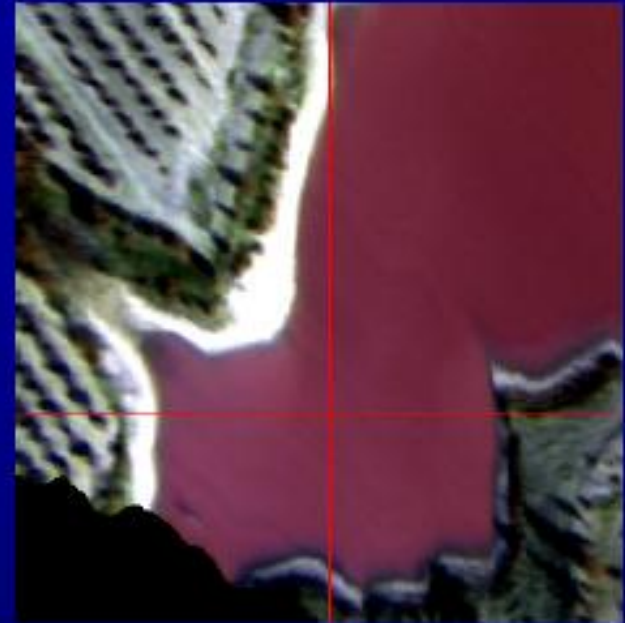
Stress map (object-based analysis)



Interpolated thematic
maps obtained from
object based analysis
conducted on
hyperspectral indices at
the tree crown level.
Stress maps are derived
based on photosynthetic
pigment concentration
and canopy density



Hyperspectral Reflectance from a water body



Spectral reflectance extracted from different areas of a water body

PROJETO AGSPEC - VANT

- - Testar e capturar dados com VANT Rede AP – Novo modelo
- - Desenvolver Hexacóptero ou Quadcóptero – foi adquirido um kit hexacóptero com piloto automático e estabilizador + GPS



MIKROKOPTER – PROJETO ABERTO



NOS ESTADOS UNIDOS POR 5MIL DÓLARES



VERSÃO PARA CÂMERA PROFISSIONAL - FOTOGRAFIA



VENDIDO NO BRASIL POR 32 MIL REAIS



CONFIGURAÇÃO COM CÂMERA MULTIESPECTRAL



DESAFIOS

- Obtenção de imagens com qualidade
 - Obtenção de posicionamento adequado para geração de mosaicos
 - Autonomia de voo
 - Segurança de operação
 - Câmeras multi e hiperespectrais
 - Metodologia de calibração
-

FIMM

