



SAA0167

Princípios de Avionica e Navegação

Instrumentos de Avionica Militar

Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto
jhbidi@sc.usp.br

- **Introdução**
- **Imageamento Infravermelho**
 - **Forward Look Infrared (FLIR)**
- **Night Vision Goggles (NVG)**
- **Head-up Display (HUD)**

- **Introdução**
- Imageamento Infravermelho
 - Forward Look Infrared (FLIR)
- Night Vision Goggles (NVG)
- Head-up Display (HUD)

- No meio militar, uma grande vantagem durante o ataque é a invasão sem ser percebido
- Dessa forma, durante a segunda guerra mundial, a camuflagem passou a ser uma arma muito importante para invasões
- Tropas com boa capacidade de camuflagem possuíam grande vantagem



FONTE: imgur.com



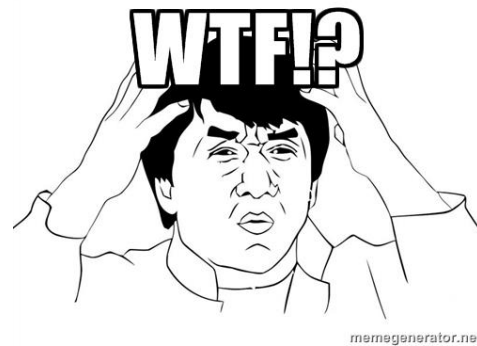


FONTE: imgur.com





FONTE: imgur.com

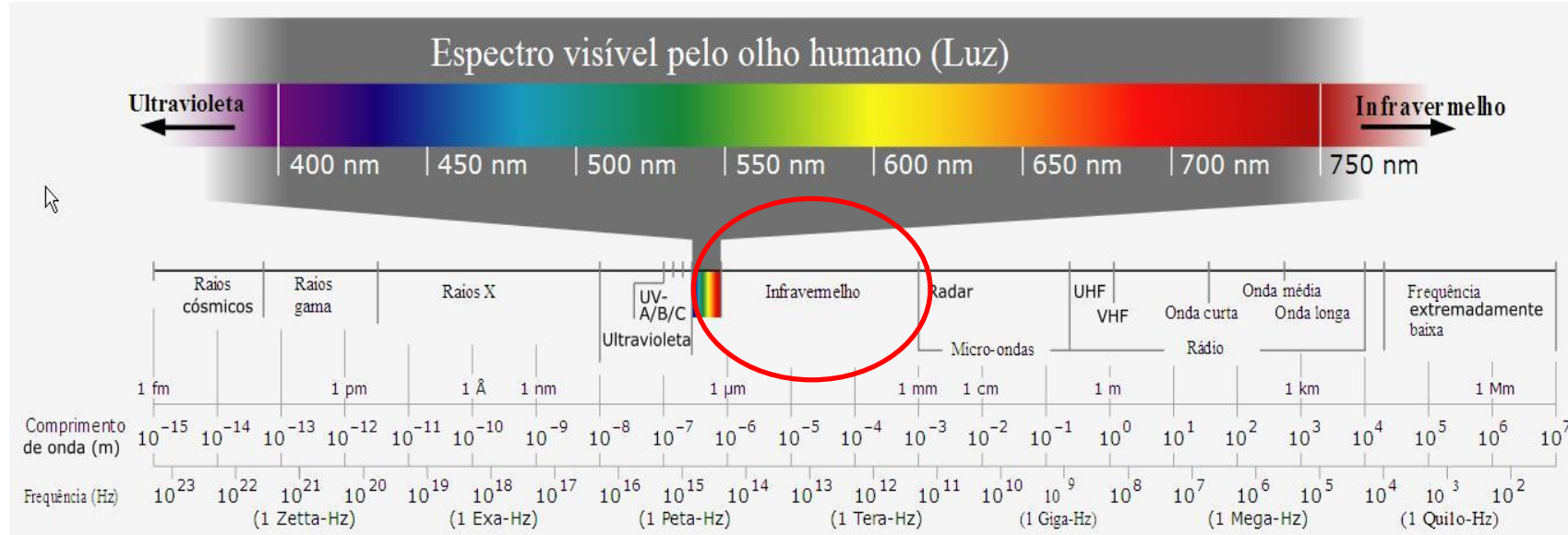


FONTE: spotterup.com



- Para suprir essa necessidade, recorreu-se inicialmente a imagens baseadas em calor
- Dessa forma, utilizaram-se os conhecimentos adquiridos até então em radiação térmica para solucionar esse problema

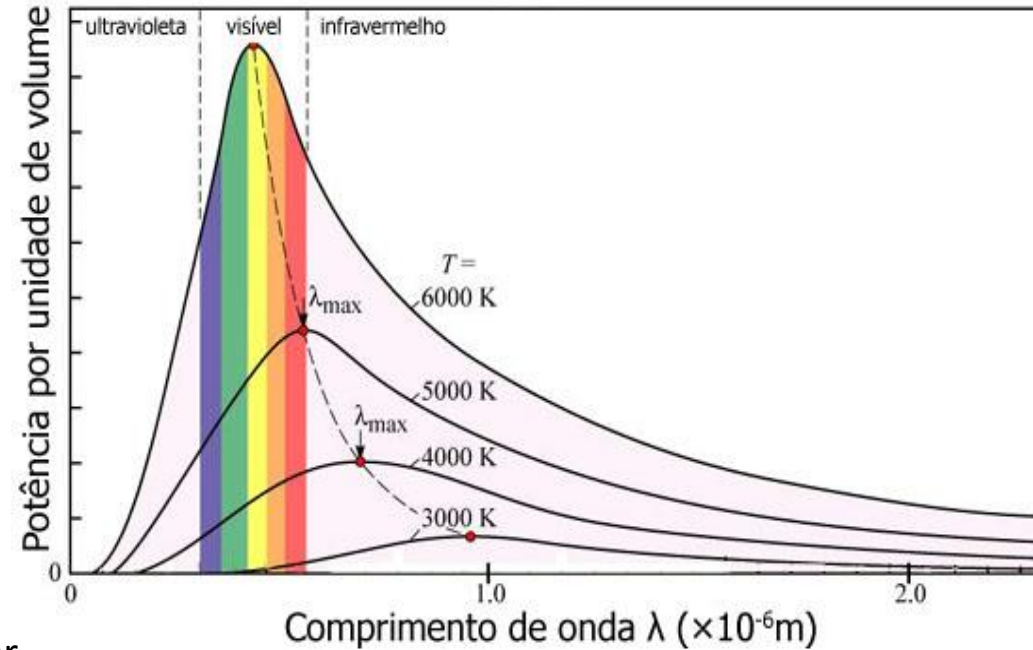
- Introdução
- **Imageamento Infravermelho**
 - Forward Look Infrared (FLIR)
- Night Vision Goggles (NVG)
- Head-up Display (HUD)



FONTE: lusoacademia.org

- Radiação infravermelho é a parte do espectro com comprimento de onda entre 0,8 e 1000 µm

- Se divide em:
 - Radiação infravermelho curta: 0,8 a 1,5 μm
 - Radiação infravermelho média: 1,5 a 5,6 μm
 - Radiação infravermelho longa: 5,6 a 1000 μm
- A radiação térmica ocorre principalmente na região da radiação infravermelha média (para altas temperaturas) e longa (para temperaturas menores)
- Quanto maior a temperatura, menor é o comprimento de onda irradiado



FONTE: ced.ufsc.br

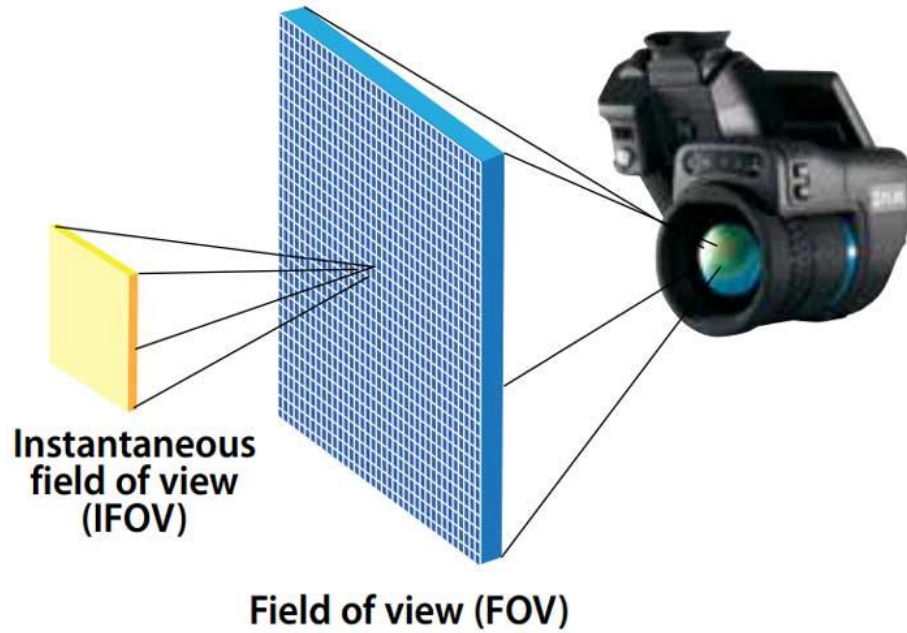
- Para temperaturas abaixo de 5000 K, a radiação infravermelho é maior que a radiação visível

- A radiação térmica possui algumas características importantes:
 - Todos os objetos emitem radiação térmica
 - Ela não necessita de meio material para ocorrer
 - Atravessa facilmente a maioria dos gases
 - Dificilmente atravessa sólidos ou líquidos
- Assim como na radiação visível, os objetos podem absorver(α), refletir (ρ) ou transmitir (τ) energia. Logo a energia total irradiada é dada por:

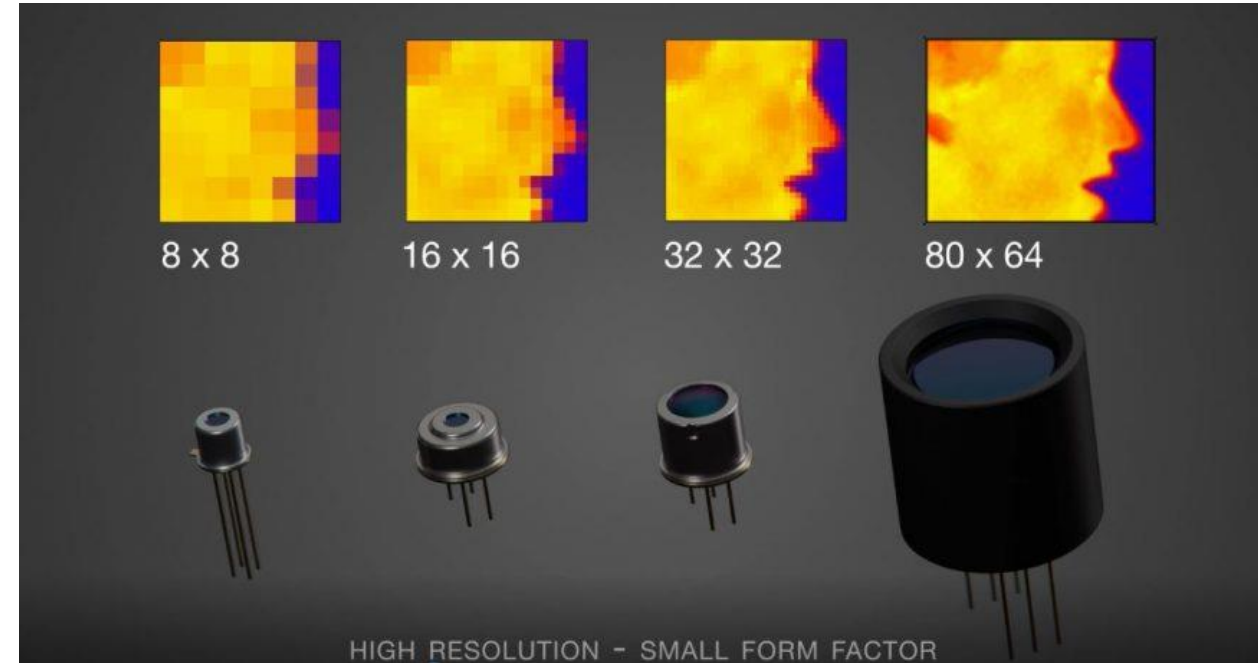
$$W = \alpha W + \tau W + \rho W$$

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

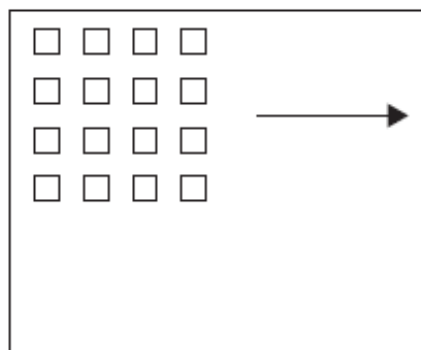
- A câmera capta radiação térmica emitida pelo objeto e processa de forma a gerar imagens baseadas em radiação
- O detector térmico de uma câmera deste tipo é uma matriz de sensores onde cada um deles capta a temperatura e gera um pixel na imagem
- Dependendo da resolução da câmera a matriz pode ter 160 x 120 a 1024 x 1024 sensores
- Com essas características é possível se detectar todo o espectro de temperaturas distribuídas ao longo de uma estrutura



FONTE: FLIR



FONTE: boselec.com

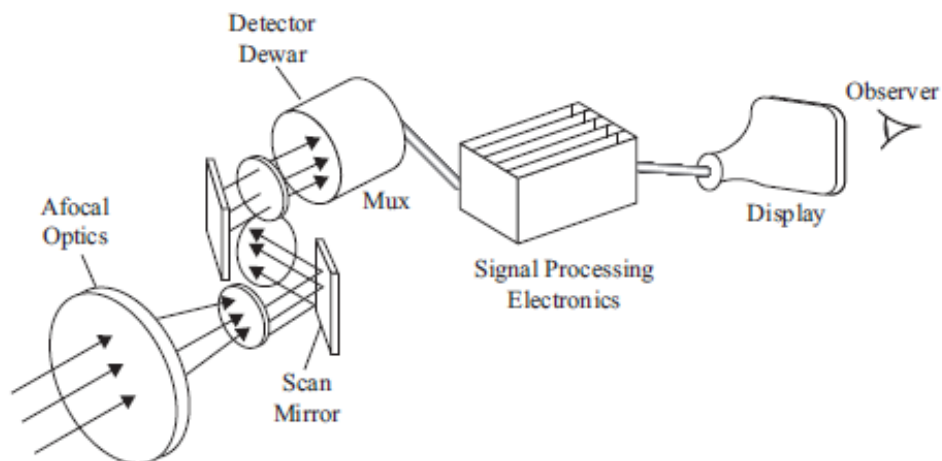


Unidirectional Scan

4 × 480 TDI Array

Analog Electronics (On-chip)
Digital Processing (Off-chip)

Single Wave Band

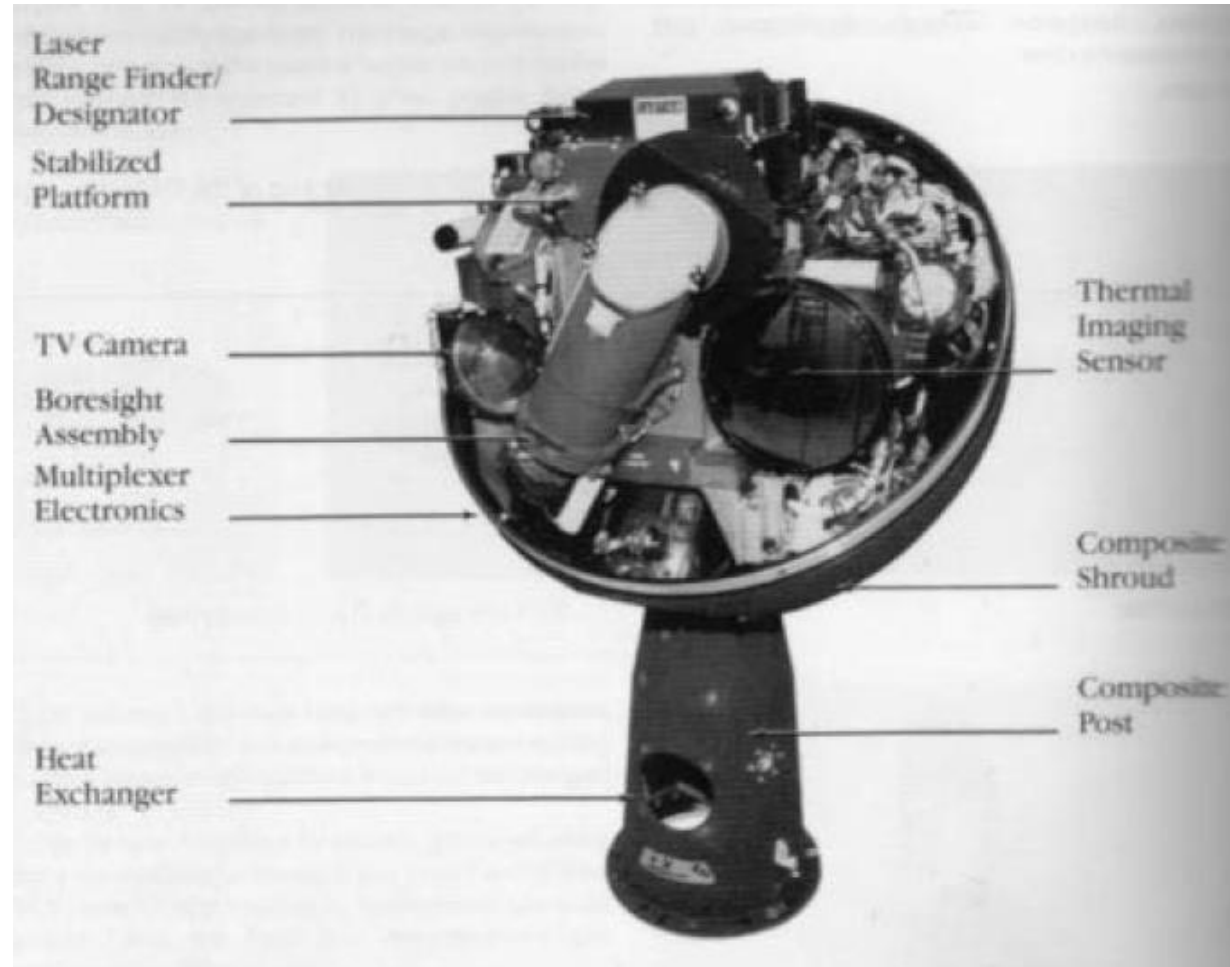


FONTE: McShea, R. E. (2010)

- Equipamento Infravermelho



FONTE: National Test Pilots School



- Equipamento Infravermelho



FONTE: defesaaereanaval.com.br



FONTE: FLIR

- Equipamento Infravermelho



FONTE: airforce-technology.com



FONTE: FLIR



FONTE: cirrusaircraft.com

- Equipamento Infravermelho



FONTE: irisys.co.uk

FONTE: kintronics.com



FONTE: SPI Infrared



- Equipamento Infravermelho



FONTE: SPI Infrared

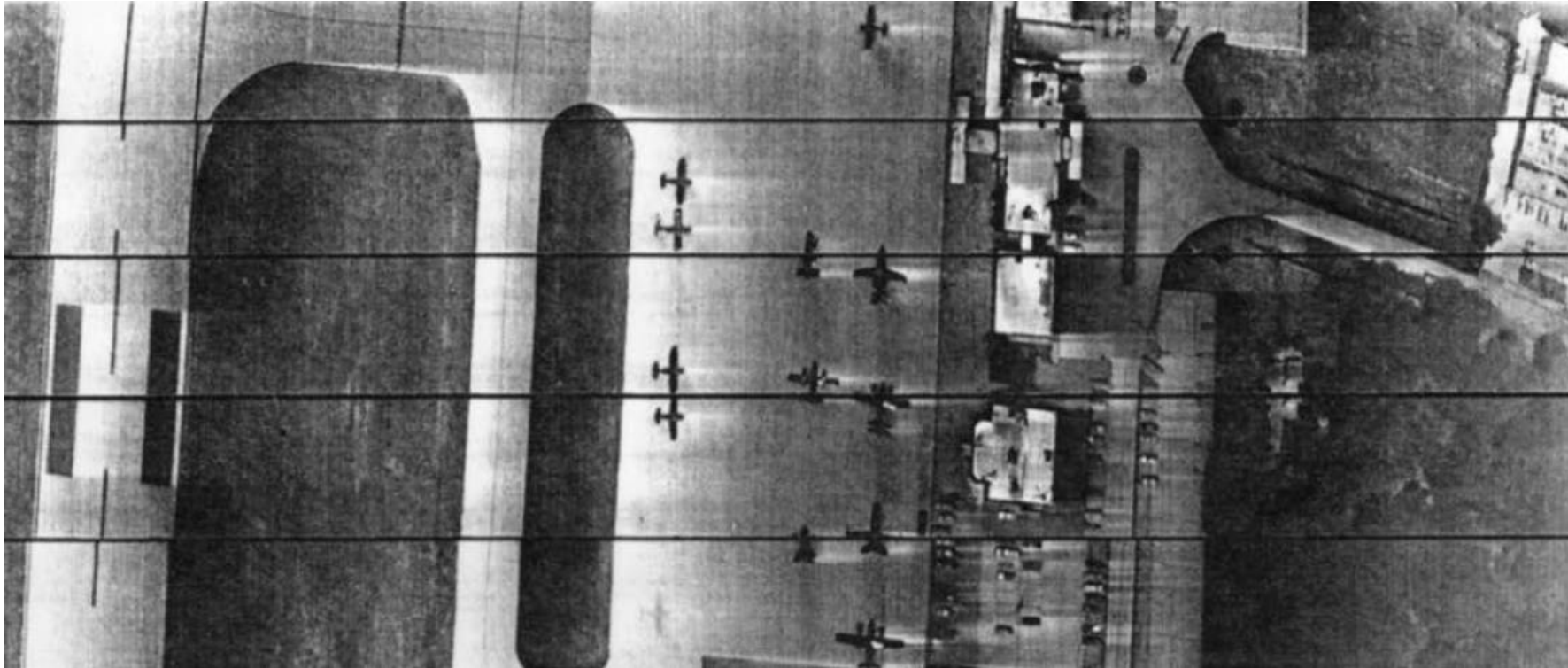
FONTE: militarysystems-tech.com



- Equipamento Infravermelho



- Equipamento Infravermelho



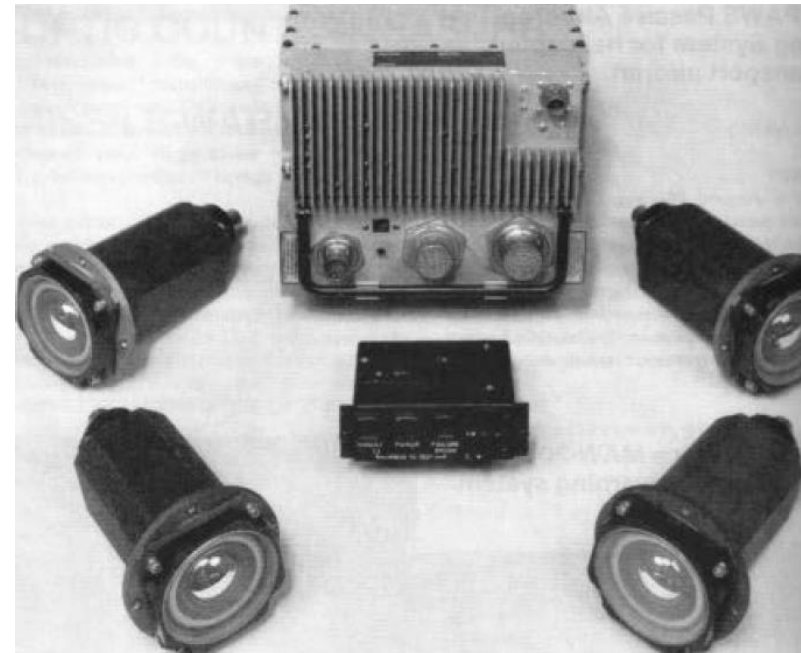
FONTE: National Test Pilots School

- **Equipamento Infravermelho**
- Exemplo de aplicação prática de FLIR em voo

<https://www.youtube.com/watch?v=xQTLhW6j9QE>

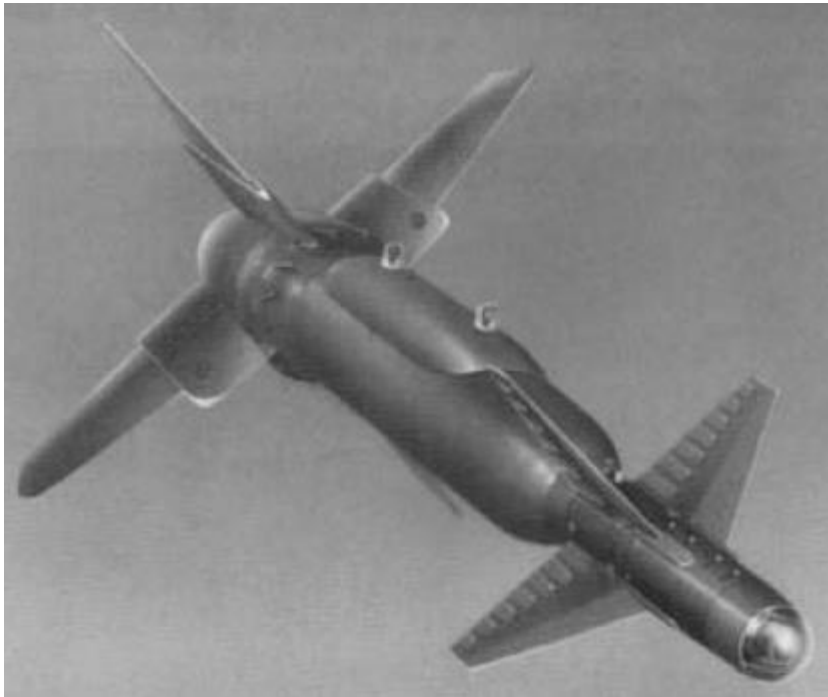
- **Equipamento Infravermelho**
- Para instalação de um Sistema de FLIR em uma aeronave, vários aspectos devem ser observados:
 - Problemas estruturais
 - Flutter
 - Compatibilidade eletromagnética
 - Instalação elétrica
 - Funcionalidade do Sistema
 - Integração do Sistema com as telas da aeronave
 - Estabilidade da câmera sujeita a vibração e manobras da aeronave

- **Equipamento Infravermelho**
- Uma outra aplicação de sensores infravermelho é em Mísseis, que são guiados por calor. Os sensores podem detectar a fonte de calor e perseguí-la.



FONTE: National Test Pilots School

- **Equipamento Infravermelho**
- Uma outra aplicação de sensores infravermelho é em Mísseis, que são guiados por calor. Os sensores podem detectar a fonte de calor e perseguí-la.



FONTE: National Test Pilos School

- **Chaff and Flare:**
- Utilizado para despistar mísseis com alvo infravermelho



FONTE: helis.com



FONTE: aeroflap.com.br

- **Outras Aplicações**
- Com o tempo perceberam-se outras aplicações possíveis para o imageamento infravermelho, levando as empresas a criarem novos modelos de câmeras, com aplicações bem específicas

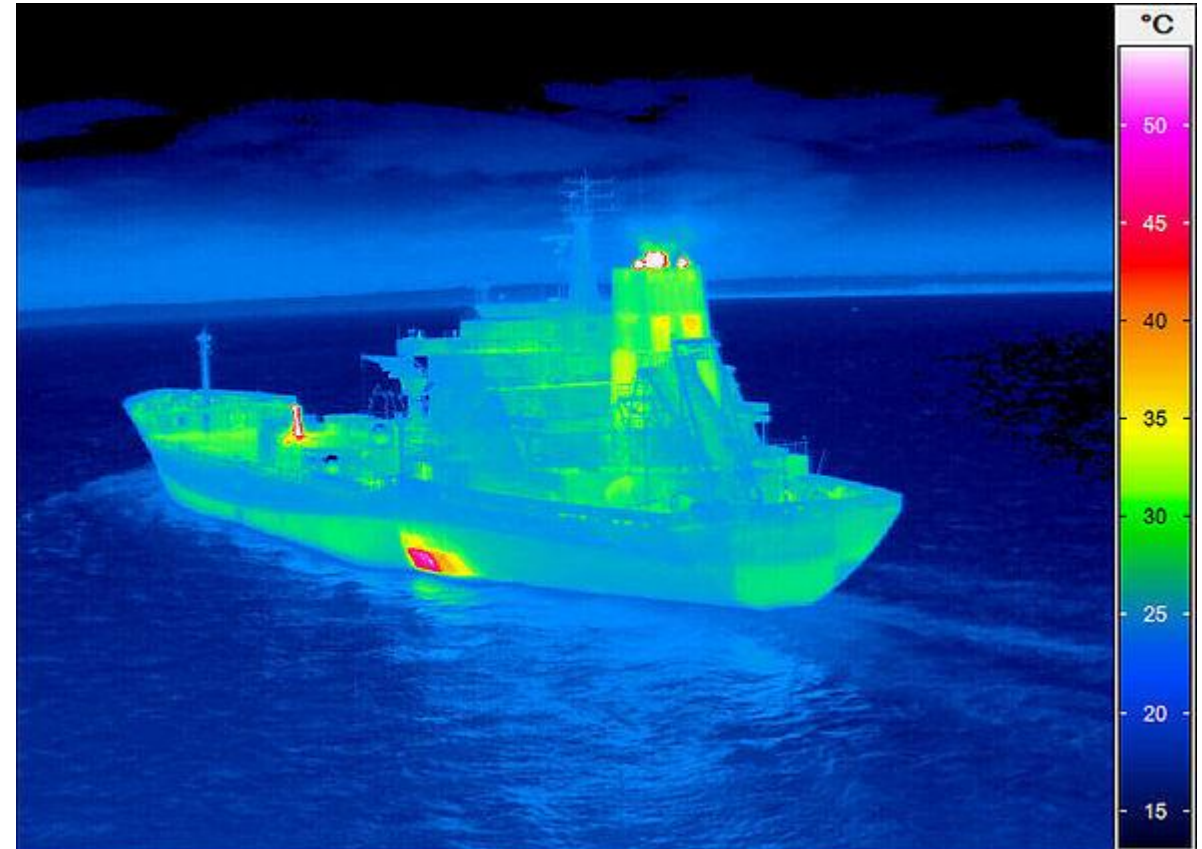


FONTE: FLIR

- Outras Aplicações
- Vigilância

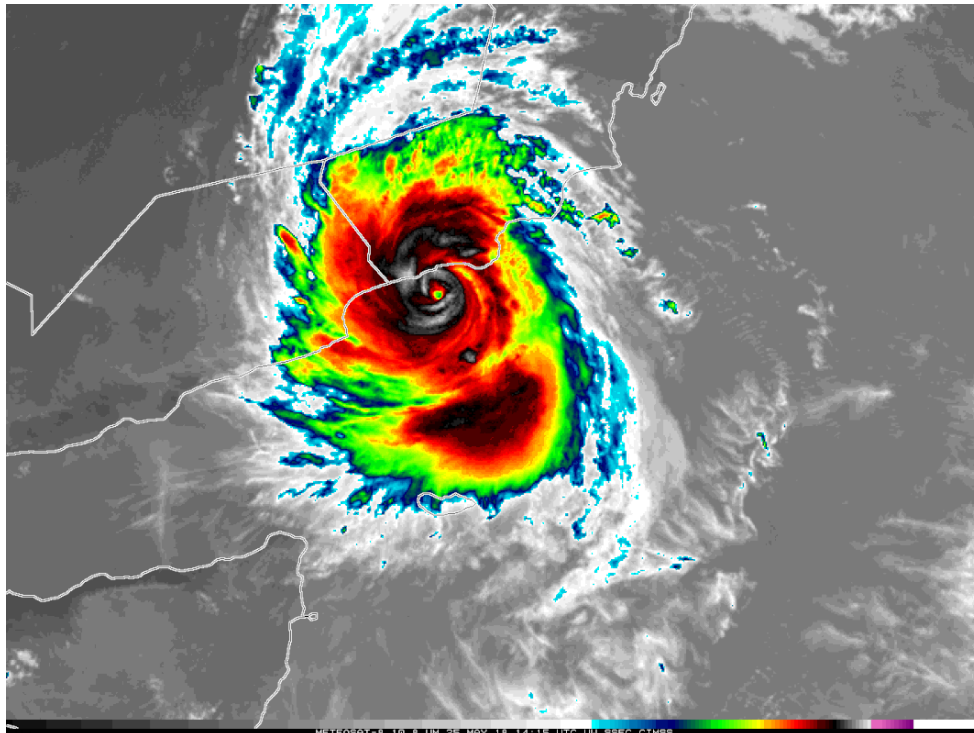


FONTE: imaging1.com

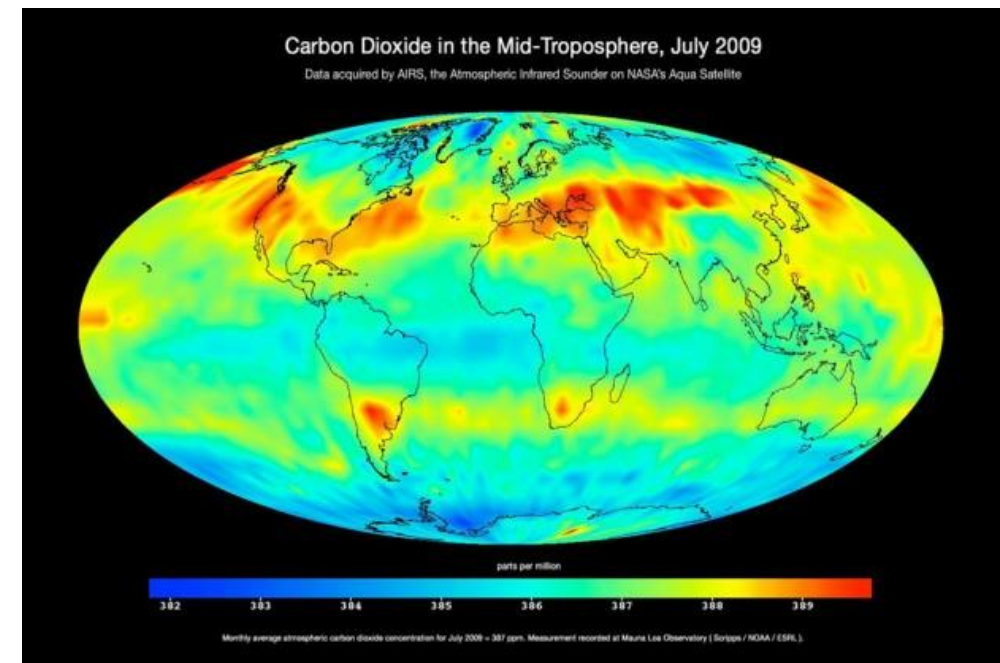


FONTE: infratec.eu

- Outras Aplicações
- Meteorologia



FONTE: globalweatherclimatecenter.com

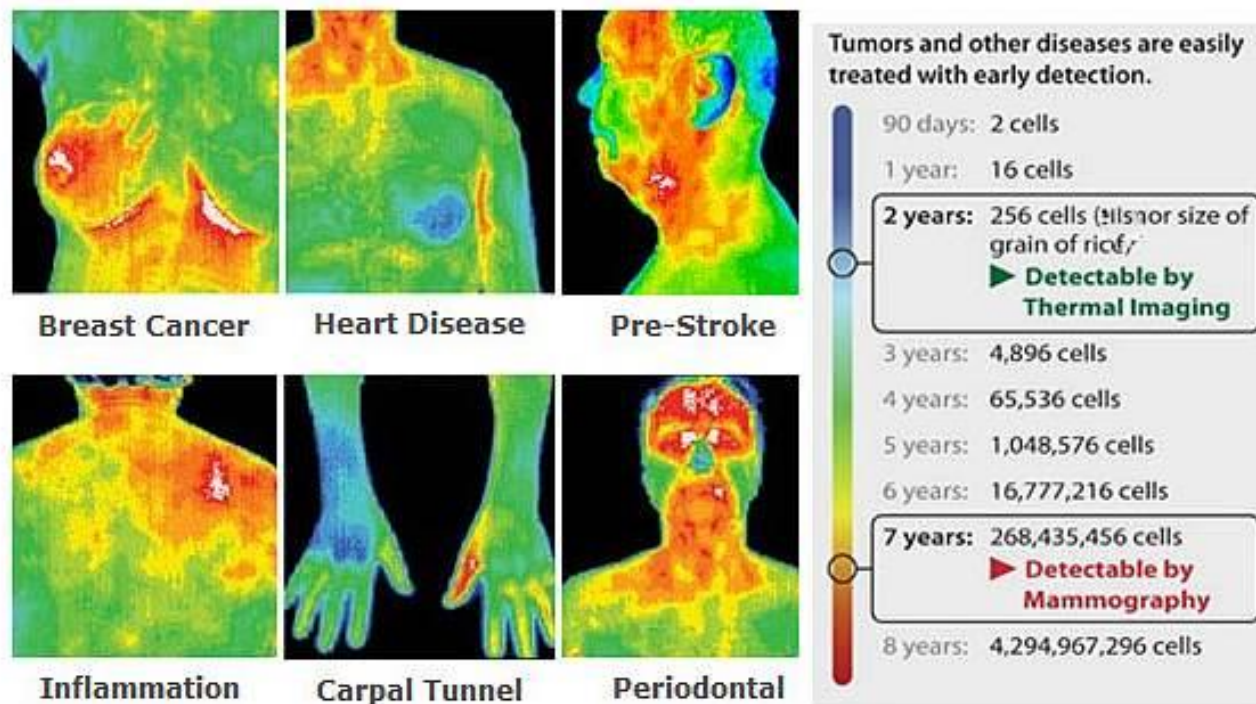


FONTE: airs.jpl.nasa.gov

- Outras Aplicações
- Medicinal

MEDICAL THERMAL IMAGING

Can Detect Many Diseases
And Disorders In Their Early Stages



FONTE: spinalvitality.com

- Outras Aplicações
- Conforto térmico

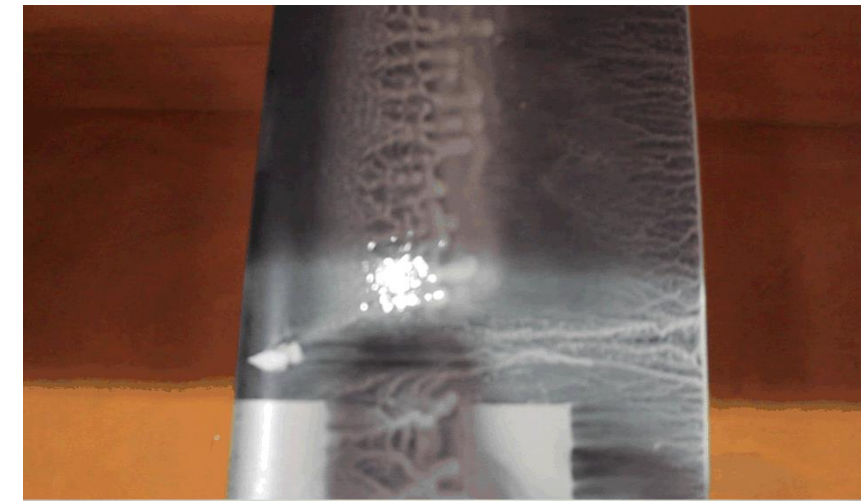
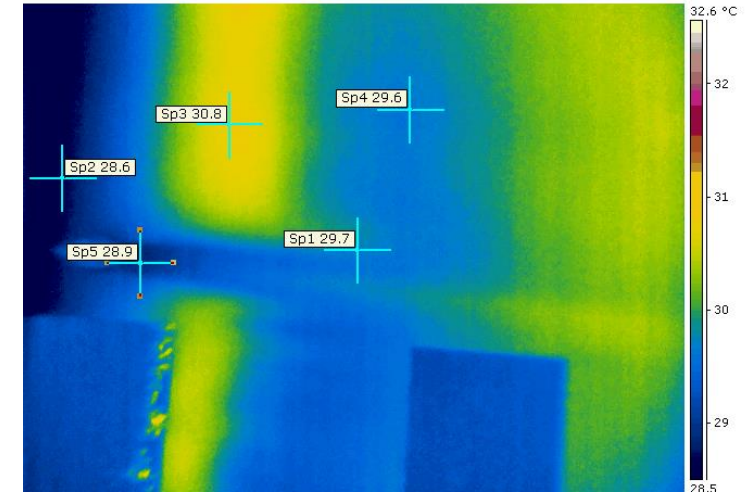
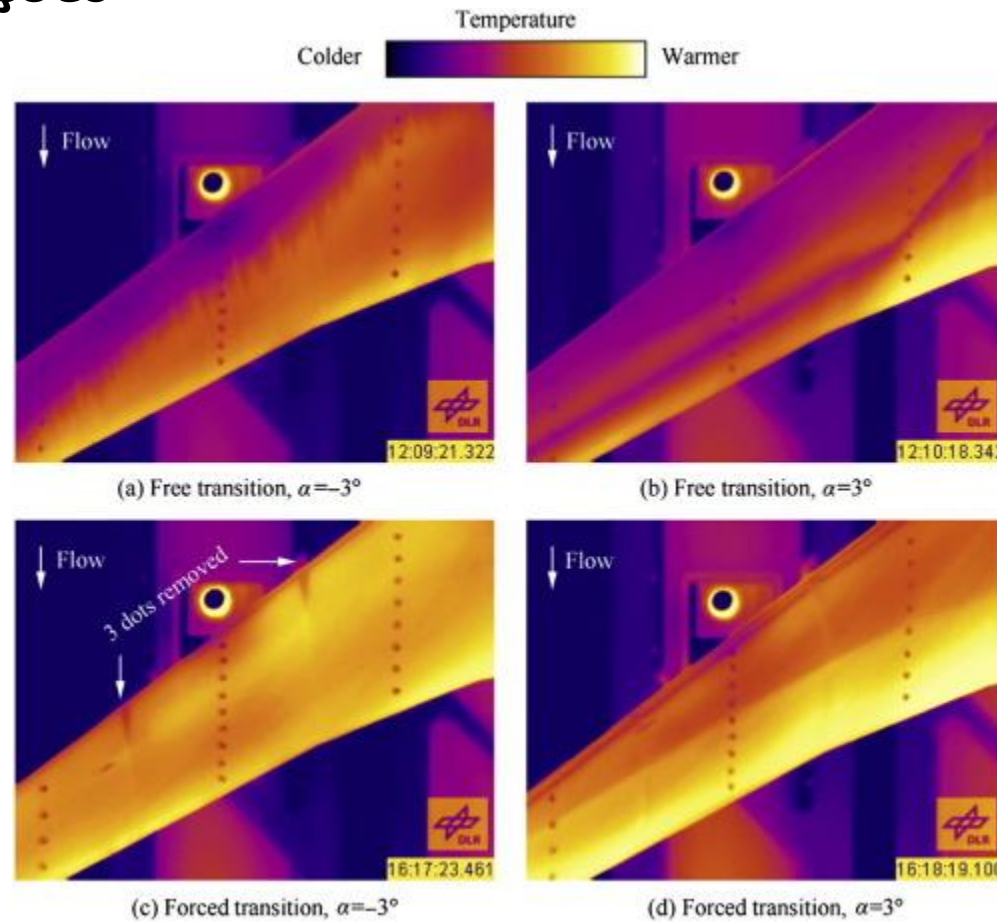


FONTE: liteheat.com



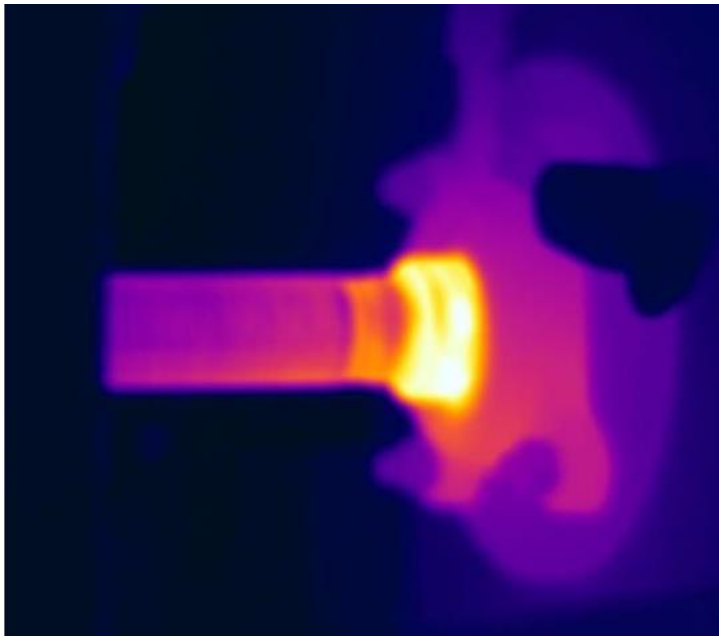
FONTE: indoorairqualityottawa.ca

- Outras Aplicações
- Aerodinâmico

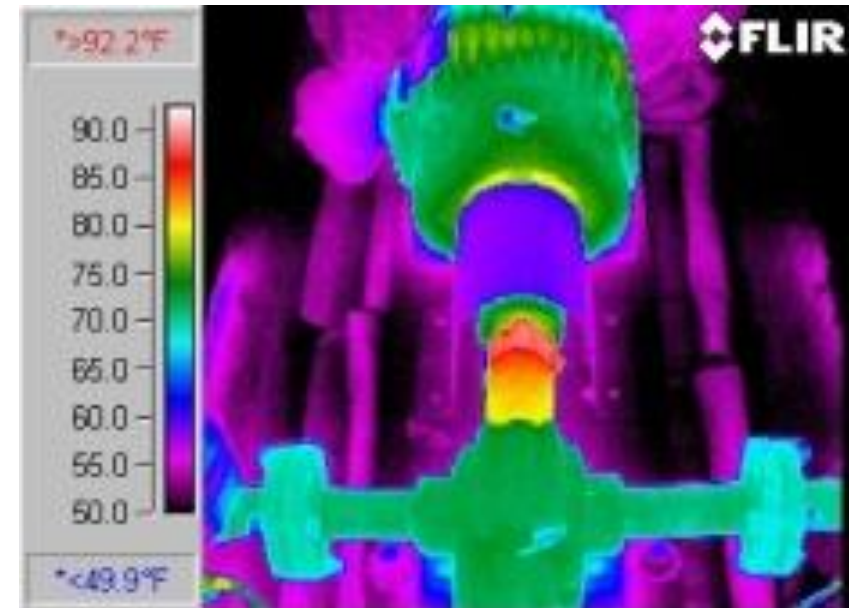


FONTE: Gebbink, R. et al. (2018)
doi.org/10.1016/j.cja.2018.01.010

- Outras Aplicações
- Detecção de pontos de fadiga



FONTE: northgateenergysolutions.com

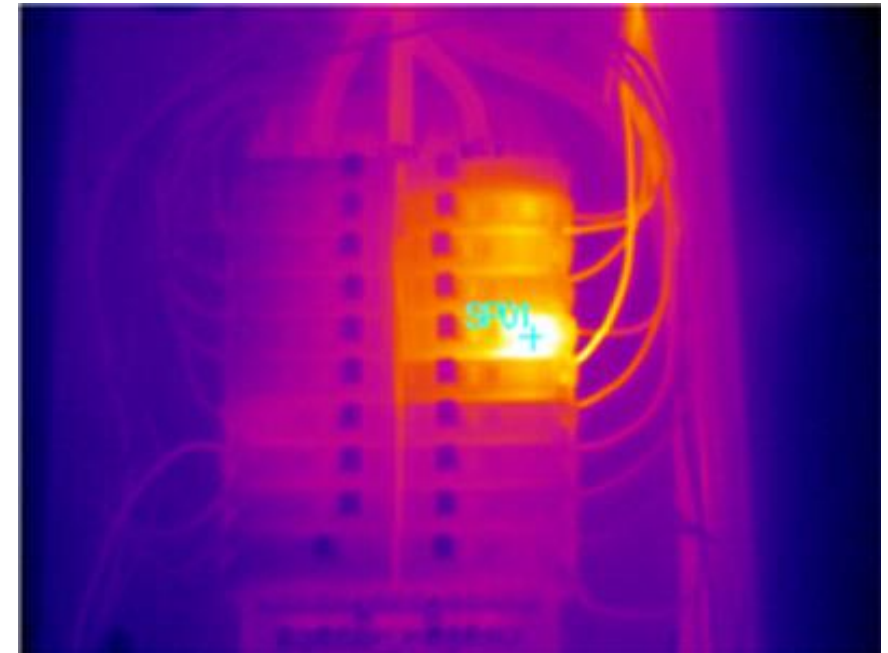


FONTE: infraredtraining.com

- Outras Aplicações
- Aplicações Eletroeletrônicas



FONTE: northgateenergysolutions.com

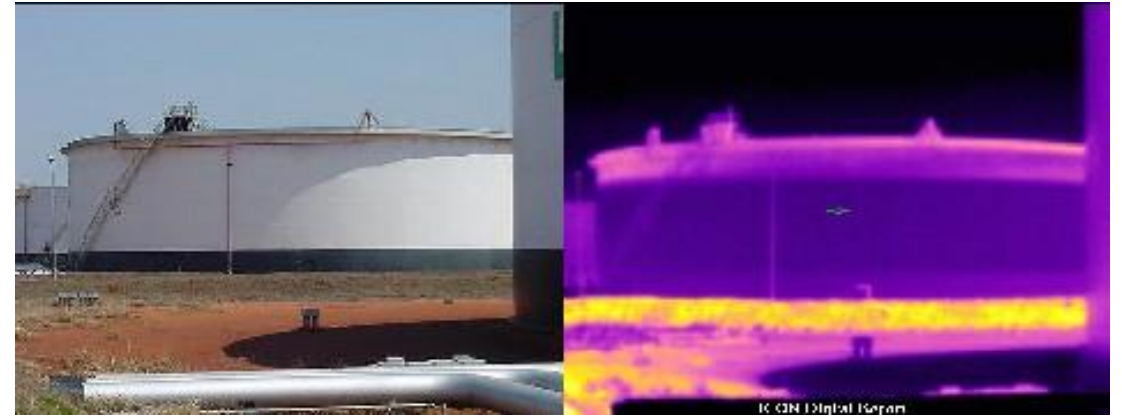


FONTE: multhelectric.com

- Outras Aplicações
- Fluidos e Troca de Calor



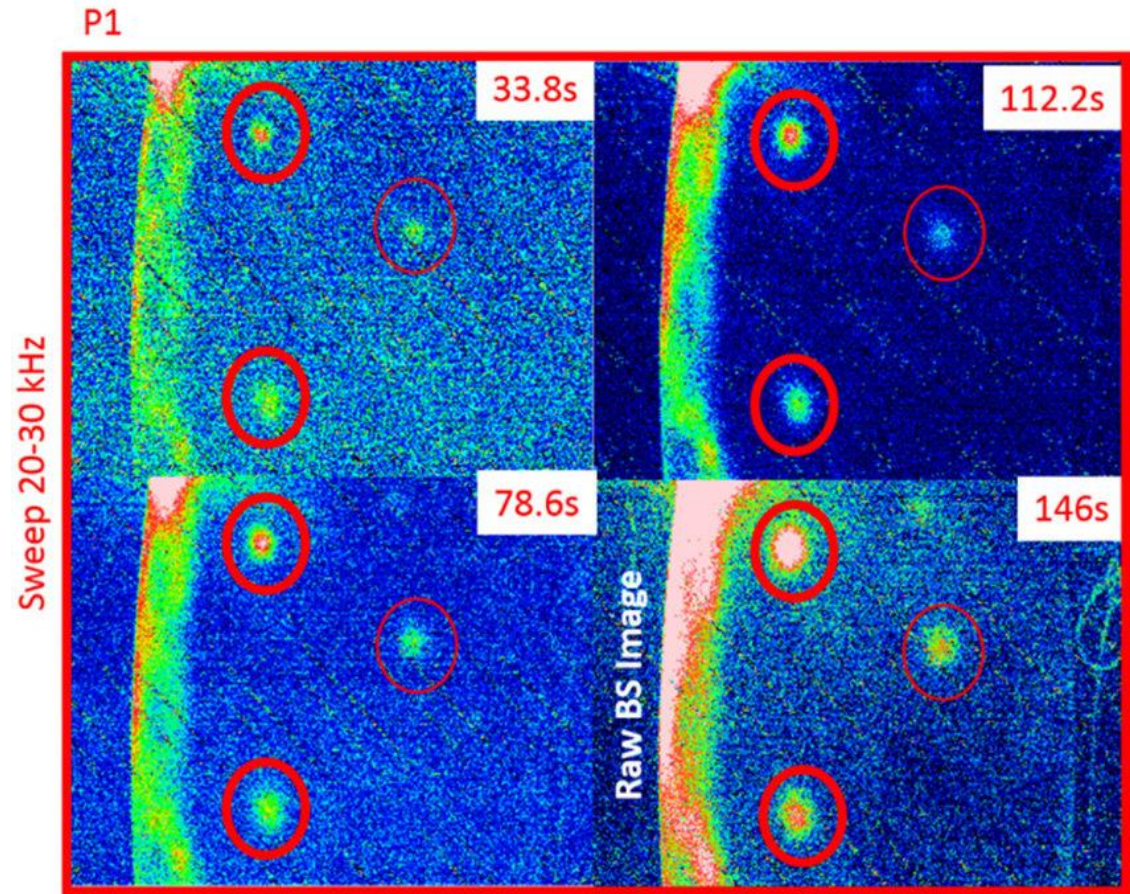
FONTE: FLIR



FONTE: chemicalprocessing.com

- Outras Aplicações
- Materiais compósitos

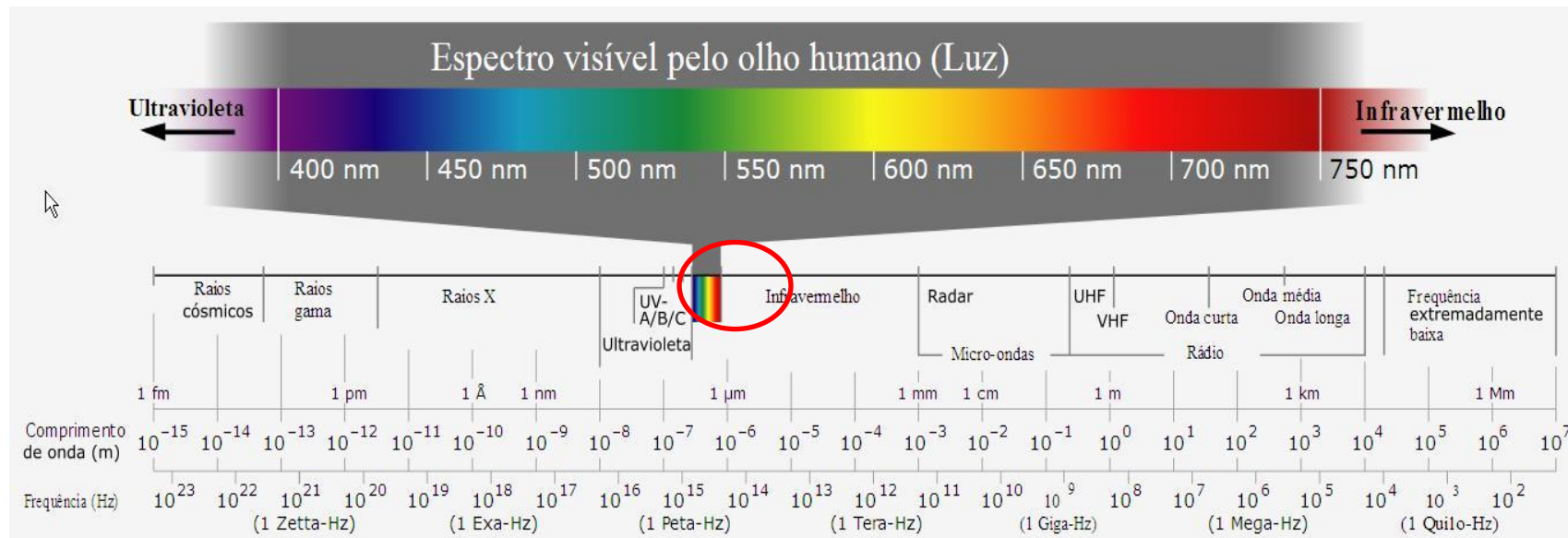
FONTE: Ciampa, F. et al. (2018)
doi.org/10.3390/s18020609



- Introdução
- Imageamento Infravermelho
 - Forward Look Infrared (FLIR)
- **Night Vision Goggles (NVG)**
- Head-up Display (HUD)

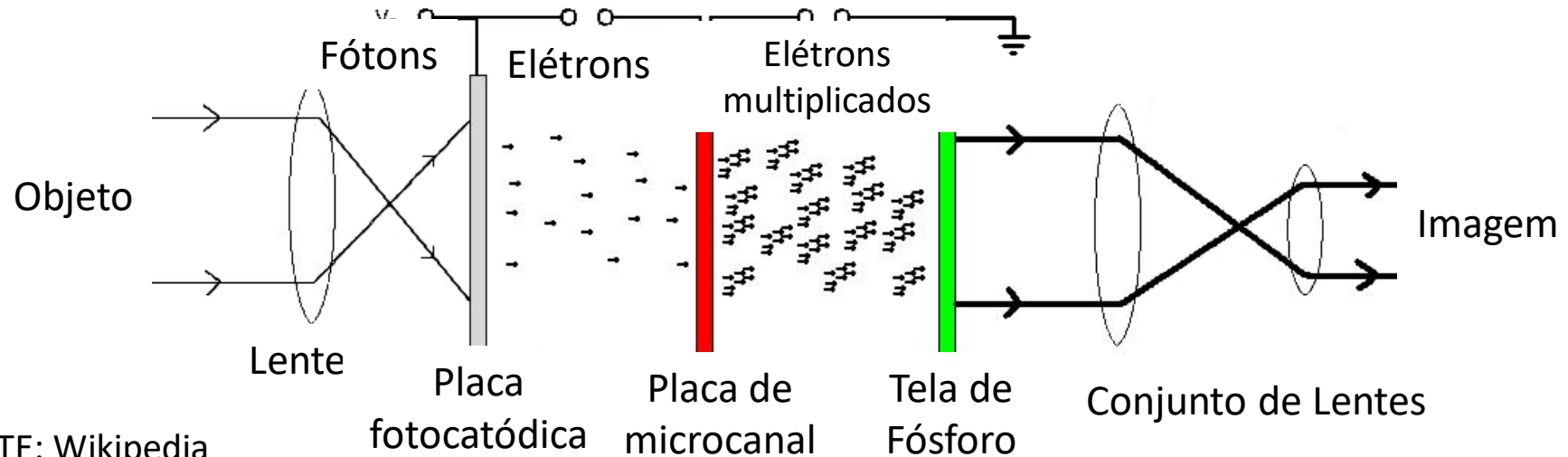
- Em alguns casos, o uso de imagens térmicas não são suficientes para detecção de alvos, já que podem se tratar de objetos que não possuem contraste térmico
- Nesses casos, o uso de NVGs (Night Vision Goggles), ou Óculos para Visão Noturna, é uma opção bastante pertinente
- O nome NVG se aplica também a outros dispositivos, que não óculos, como binóculos ou câmeras, podendo ser chamados nesse caso de NVD (Night Vision Devices)

- Podem ser chamados de intensificadores de imagem, usam a luz ambiente (visível e infravermelha curta) refletidas pelo objeto para construção da imagem



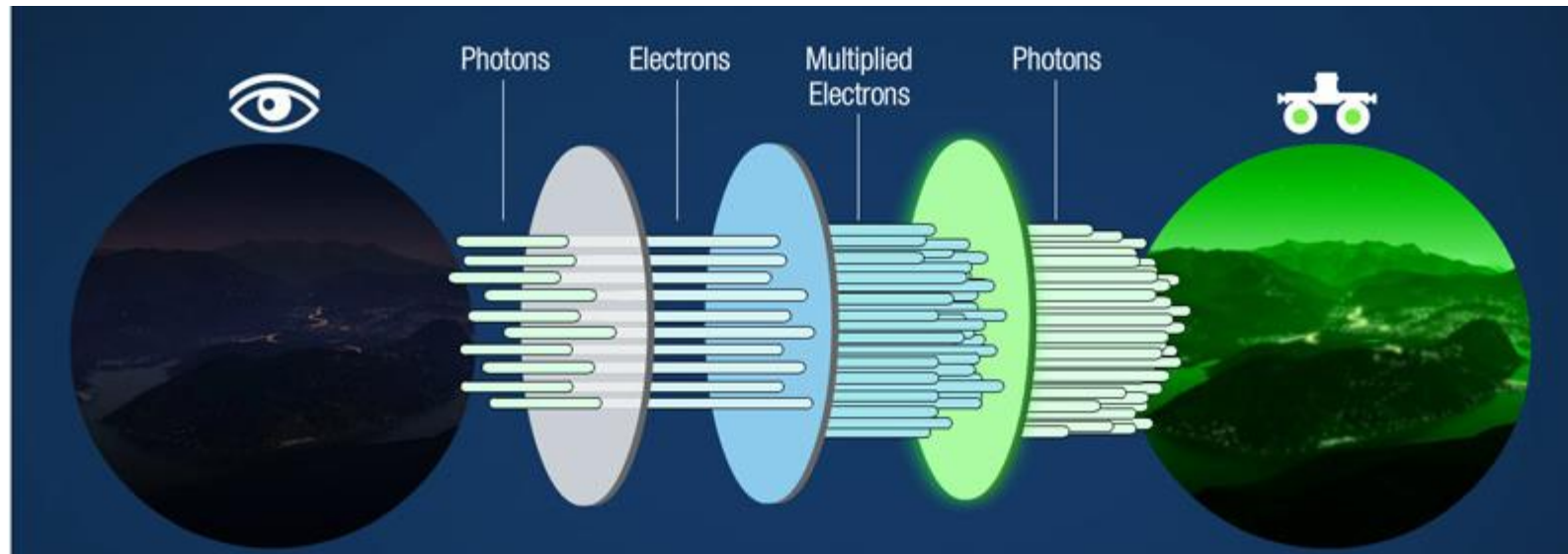
FONTE: lusoacademia.org

- **Princípio de Funcionamento**
- Os fótons de luz incidem em uma placa fotocatódica, onde a chegada de luz libera elétrons. Esses elétrons batem em uma placa de microcanal de alta voltagem e aumentam em número e velocidade, batendo enfim em uma tela de fósforo verde, gerando a imagem
- Quanto mais luz, mais elétrons são liberados, tornando mais clara a região da imagem



FONTE: Wikipedia

- Princípio de Funcionamento



FONTE: flightsafety.com

- Princípio de Funcionamento



FONTE: Wikipedia



FONTE: defesanet.com.br



FONTE: uasc.com



FONTE: eteknix.com

- Modelos
- Geração I
 - Meados dos anos 60 (guerra do Vietnã)
 - Baseado em aceleração de elétrons
 - Necessidade de grande potência elétrica
 - Amplificação de até 1.000 x a luminosidade
 - Grande, pesado e não poderia ser montado em capacetes



FONTE: Wikipedia

- Modelos
- Geração II
 - Final dos anos 60 (guerra do Vietnã)
 - Baseado em multiplicação de elétrons
 - Necessidade de potência elétrica reduzida
 - Amplificação de até 20.000 x a luminosidade
 - Peso e tamanho reduzidos
 - Versão modificada para integrar aeronaves



FONTE: specwargear.com

Night Vision Goggles

- Modelos
- Geração III
 - Desempenho melhorado com a troca de materiais dos fotocátodos e placas de microcanal
 - Amplificação de 30.000 a 50.000 x a luminosidade
 - Usado em solo e aeronaves

FONTE: nightvisionguys.com



FONTE: nightvisionuniverse.com

- Modelos
- Geração III ANVIS
 - Aviator Night Vision Imaging System
 - Pode ser utilizado em conjunto com o HUD
 - Campo de visão: 40 graus
 - Fabricação: EUA



FONTE: newcon-optik.com

- Modelos
- Geração III CATS EYES
 - Pode ser utilizado em conjunto com o HUD
 - Campo de visão: 30 graus
 - Fabricação: Britânica



FONTE: National Test Pilots School

- Comparação



FONTE: National Test Pilots School

- Modelos
- Geração IV
 - Para um futuro próximo, fala-se em uma Geração IV, onde serão mantidas as mesmas características da Geração III, mas com uma resolução de imagem aumentada



Geração III



Geração IV

FONTE: usa-binoculars.com

- Exemplos de Aplicação



FONTE: ctsys.com



FONTE: albernivalleynews.com



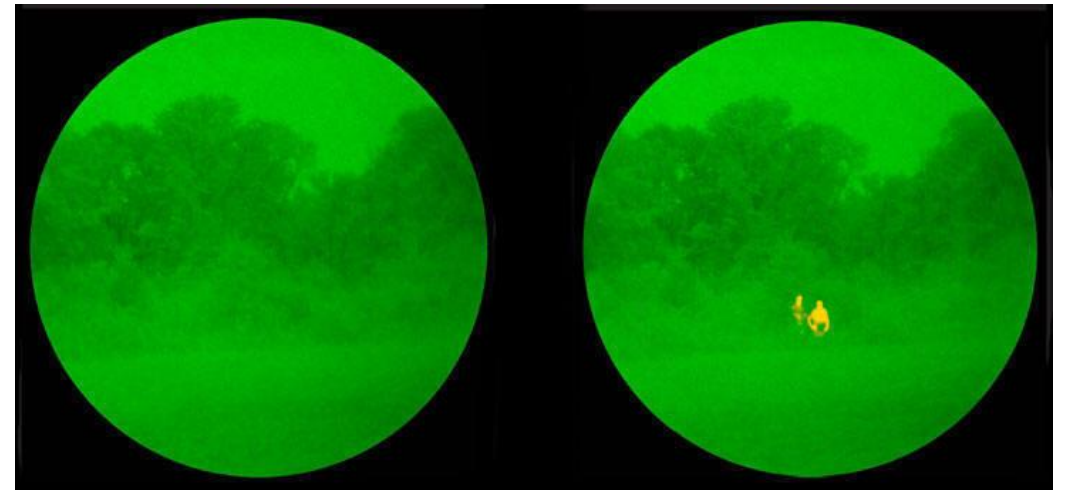
FONTE: warthunder.com

- Exemplos de Aplicação



FONTE: soldiermod.com

Aplicações que combinam NVG
e imageamento térmico



FONTE: euro-sd.com

- Exemplos de Aplicação

<https://www.youtube.com/watch?v=Ec0J6zau7jY>

<https://www.youtube.com/watch?v=rAvnMYqj2c0>

- Introdução
- Imageamento Infravermelho
 - Forward Look Infrared (FLIR)
- Night Vision Goggles (NVG)
- **Head-up Display (HUD)**

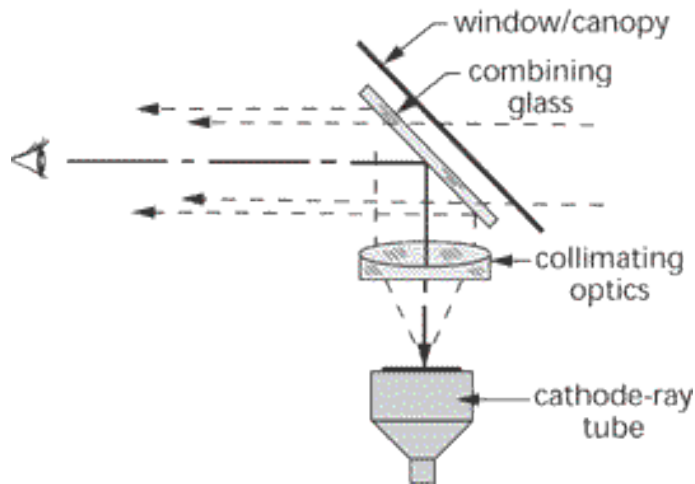
- Durante a Segunda Guerra Mundial, as aeronaves de ataque possuíam alças de mira em seu armamento, melhorando consideravelmente sua precisão de tiro
- Com o aumento do desempenho das aeronaves, tais dispositivos não supriam mais a necessidade de precisão, sendo criados os dispositivos eletrônicos para auxílio
- Para facilitar o ataque, criou-se uma forma de o piloto poder controlar a aeronave (olhando para fora) e utilizar a mira eletrônica (olhando para os instrumentos) ao mesmo tempo

- A partir de meados da década de 70, foram criados os Head-up Displays na forma que conhecemos hoje

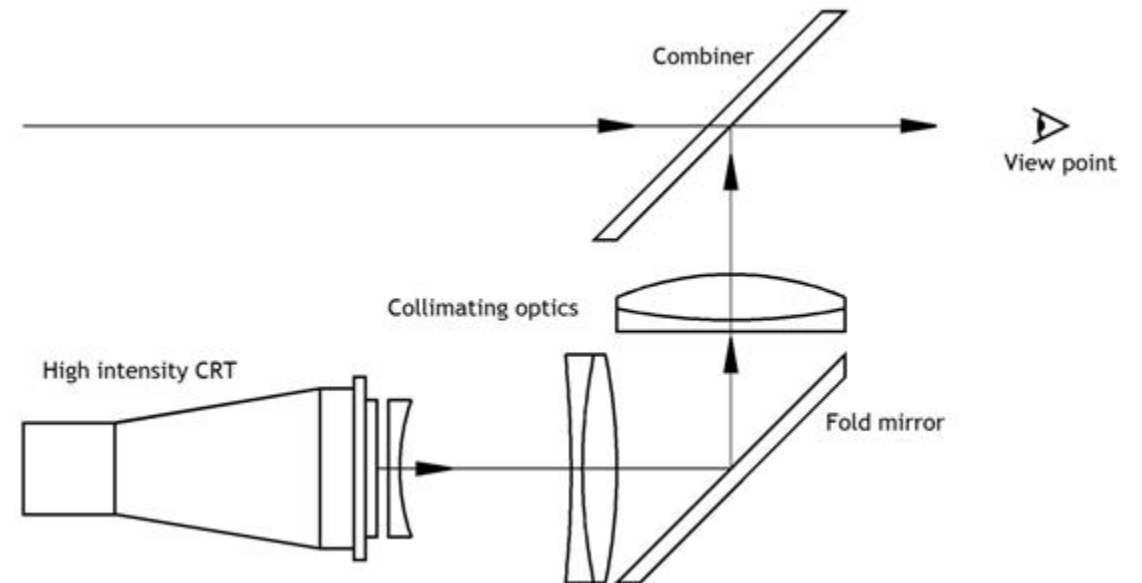


FONTE: Wikipedia

- **Princípio de Funcionamento**
- O HUD capta as informações do sistema aviônico digital (AHRS, ADC, sistema de ataque, etc.), simplifica a imagem, a transforma em uma imagem de raios catódicos e projeta em uma tela semitransparente em frente ao piloto



FONTE: photonics.com



FONTE: mikesflightdeck.com

- Modelos
- Alguns modelos de HUD são montados no próprio visor do capacete



FONTE: f-16.net



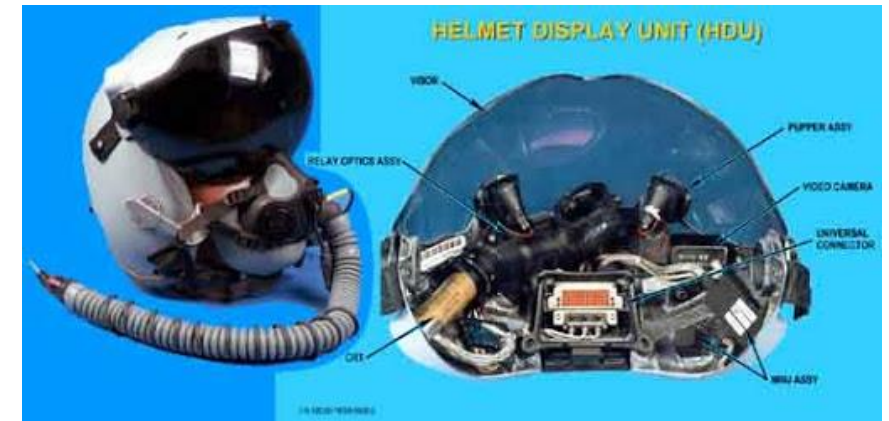
FONTE: dailymail.co.uk

- Modelos
- Alguns modelos de HUD são montados no próprio visor do capacete



FONTE: helis.com

FONTE: sistemasdearmas.com.br



- Modelos
- Nos modelos montados em capacete é possível se combinar HUD e NVG



FONTE: digitaltrends.com



FONTE: ainonline.com

- Modelos
- Atualmente, carros esportivos de luxo possuem HUD como opcional



FONTE: bmw-oman.com

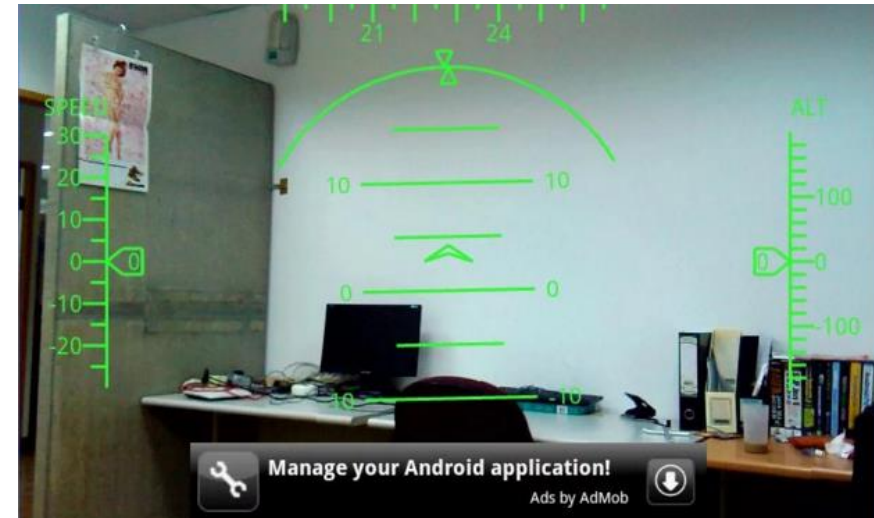


FONTE: xiaomist.com

- Modelos
- Aplicativos para smartphones



FONTE: pcworld.com



FONTE: allfreeapk.com

- Modelos
- Com o tempo, foram adaptados HUDs para o uso em aeronaves civis



FONTE: airliners.net

<https://www.youtube.com/watch?v=opiqvfrMGuc>