



FOGOS FLORESTAIS
TECNOLOGIAS DE VIGILÂNCIA
ELECTRÓNICA

Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

THE
FUTURE NOW

Paulo Relvas
30 de Junho de 2011

TECNOLOGIA

Tecnologia é a habilidade de organizar o mundo de forma que não tenhamos que senti-lo.

Max Frisch (Arquitecto e Escritor Suíço, 1911-1991)



**O Paradigma Actual da
Detecção de Fogos
Florestais**



IGNIÇÃO





FOGO!

- Onde?
- #*?*??#.
- Obrigado!



- 47-09, escuto.





TRIMMM
TRIMMM
TRIMMM

-47-09!
Central, escuto.

- 47-09. Incêndio
em #*?*??#.
Confirma? Escuto.



-Central.
Confirmo fumo,
visada 143°.



- 47-04, escuto.



- 47-04. Central Escuto!

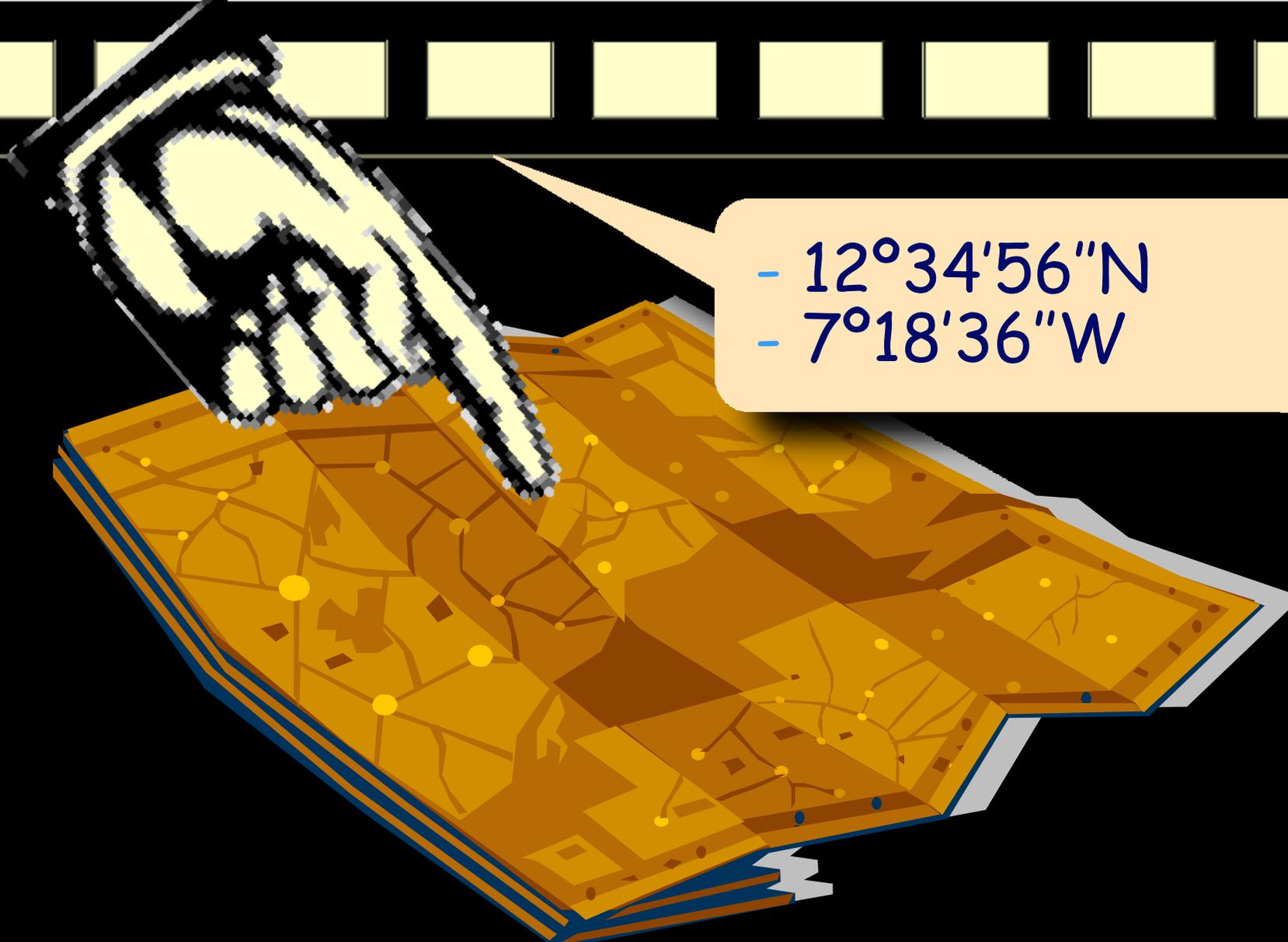


- 47-04. Incêndio
em #*?*??#.

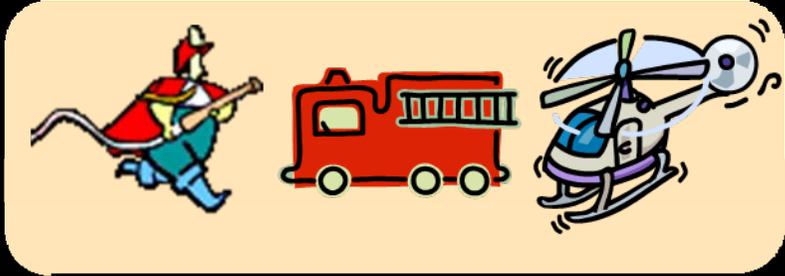




- Central,
confirmo columna
de fumo, visada
18°. Escuto!



- 12°34'56"N
- 7°18'36"W

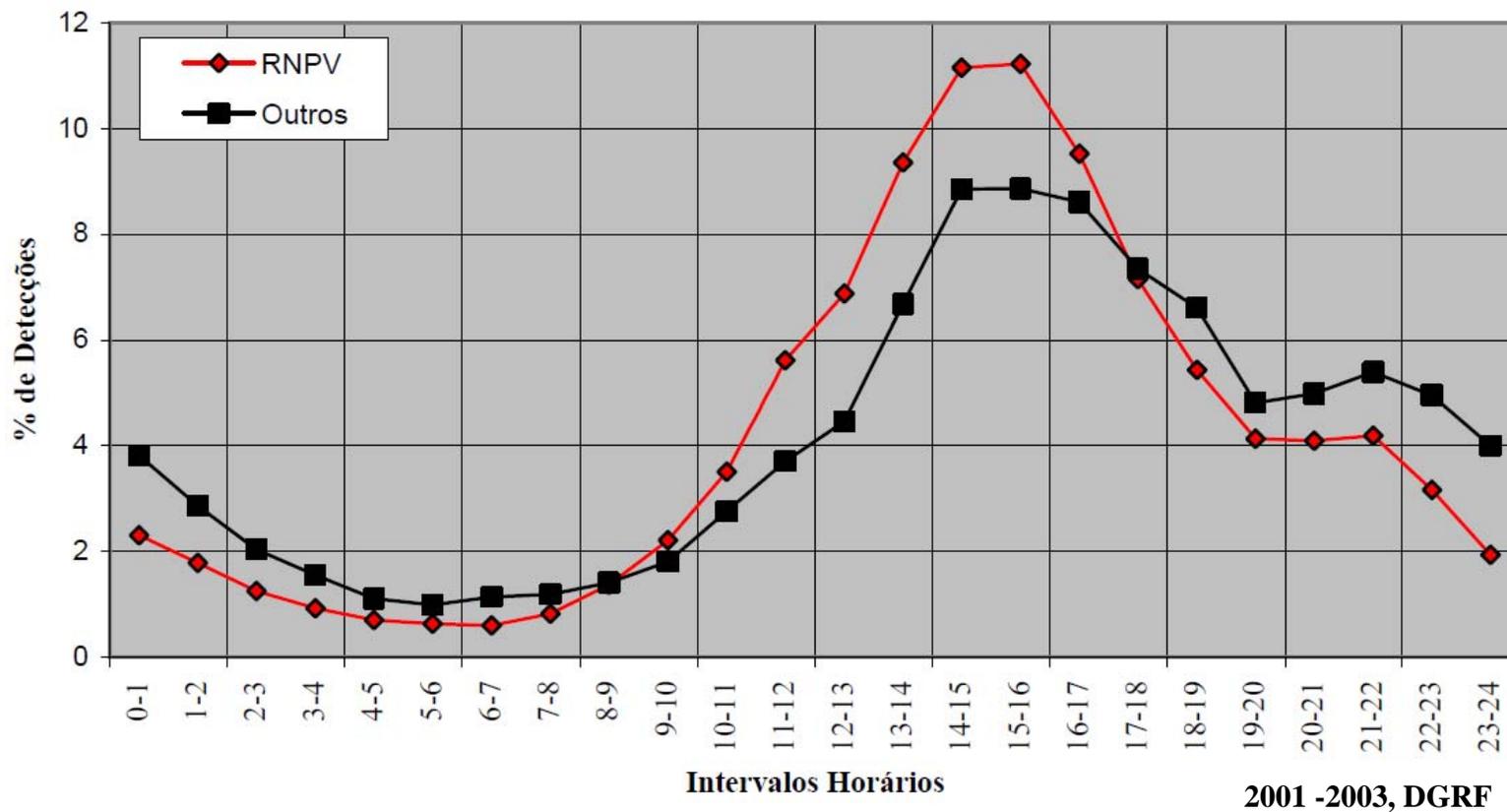




Numa floresta perto de si...



Eficácia da RNPV



Análise da Rede Nacional de Postos de Vigia em Portugal.
COTEC@2005

Eficácia da RNPV

Quais as razões da tão baixa eficácia da RNPV?

- **Condições de trabalho adversas**
- **Trabalho monótono e repetitivo**
- **Isolamento**

- **Falhas na guarnição dos PV**
- **Baixa motivação**
- **Fraca preparação do vigias**
- **Elevada rotatividade dos vigias**
- **Sistemas de detecção concorrentes**

Custos da RNPV

Custos com estruturas de vigilância e detecção (Fonte: DGRF)

Tipo	Subtipo	Custo	Fonte	Observações
RNPV	Salário médio dos operadores	3.390€/PV/mês	Proposta de orçamento para 2005 do Núcleo Florestal do Ribatejo	4 operadores por PV, funcionando 24h/dia e 7 dias/semana
	Custo de um PV (infra-estrutura e equipamento)	28.000€/PV	Baseado no POP AGRIS3.4 componente 2b), 2004-2005, proponente DRARO	PV em metal (17.500€), o restante para equipamento
	Total país	2.244.000€/ano	Galante, 2001	Valor das despesas funcionamento de 199
	Todo o país (CPD e PV)	3.800.000€/ano 2004	DGRF (apresentação Palácio de S. Bento)	Valor relativo ao ano 2004
Equipas móveis motorizadas	87.392 horas de vigilância	1.459.466/ano 2002	CNEFF, 2002	Ano de 2002
Brigadas autárquicas de voluntários	180 brigadas	1.000.000€	DGRF (apresentação Palácio de S. Bento)	Ano de 2004
Voluntariado Jovem	280 elementos	259.500	DGRF (apresentação Palácio de S. Bento)	Acção numa área restrita do país. Ano de 2004
COFT-Militares	719	550.000 €	DGRF	2004
Popular (via 117)	-----	0€	SNBPC	Custo suportado pelas operadoras telefónicas
Vigilância aeronaves por	Gasto total com as aeronaves - em 2004 - em 2003 - em 2002 - em 2001	190.000€ 300.000€ 170.162€ 177.968€	- Livro Branco dos Incêndios Florestais ocorridos em 2003	A detecção proveniente de aeronaves comerciais não apresenta custos e não se conhece qualquer estudo sobre o seu impacto na detecção global de incêndios florestais
Vigilância aeronaves por	aeronaves ALIII (FA)	836€/hora	EMFA, 2005	Utilizado essencialmente em acções de coordenação.
Detecção remota	Projecto-piloto CICLOPE CDOS/CPD Tomar (304.000ha)	411.000€ + IVA (investimento) Custos anuais de manutenção: 10% do valor do investimento	INOV, 2004	Área coberta com um raio de visibilidade de 30Km, 4 câmaras visíveis e 1 IV. Sistema de alta tecnologia com detecção automática e possibilidade de acompanhamento de situação (imagens vídeo)

Investimento: 1,35€/ha
Manutenção: 0,135€/ha/ano

Custos dos incêndios florestais



Enquadramento e objectivos

Avaliação do custo/prejuízo económico causado pelo Fogo na Floresta

o prejuízo privado:

- Partindo das áreas ardidas e usando os valores mais conservadores da tabela anexa (taxa de actualização de 5%) avaliamos as perdas causadas pelos incêndios de 2005 em 465 milhões de euros.

o custo/prejuízo público:

- Dados médios, relativos aos últimos 5 anos, apontam para um investimento público médio de 120 milhões de euros/ano em defesa contra incêndios. Segundo Fernando Rolin, presidente da Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal (AIMMP), em 2005, "os custos directos para apagar incêndios foram de 210,79 milhões de euros". (DN, Outubro de 2005).

Prejuízos privados, por hectare de floresta ardida (€/ha), desprezando o valor da madeira queimada.

Espécie ou sistema florestal		Taxas de actualização		
		3%	4%	5%
Eucaliptal	10m³/ha/ano	3.090,9	2.776,7	2.511,7
	12m³/ha/ano	3.780,2	3.397,1	3.073,8
	15m³/ha/ano	4.814,2	4.327,7	3.916,9
Pinhal	Bravo (madeira)	5.706,6	4.895,0	4.254,6
	Manso (fruto)	14.130,9	11.108,4	9.094,0
Montado de Sobro	Alentejo Litoral e Central	13.289,9	10.700,5	8.886,3
	Alto Alentejo	7.367,8	5.876,7	4.852,6
Azinhal		3.941,7	3.165,6	2.626,7

• deste modo podemos estimar o prejuízo, público e privado, directo sobre a floresta dos incêndios de 2005 em cerca de 635 milhões de euros, i.e., em ≈ 0,4% do PIB.

Em 2005 arderam 338.262 ha de matos e povoamentos.

1º Relatório do Grupo de Trabalho sobre Incêndios Florestais

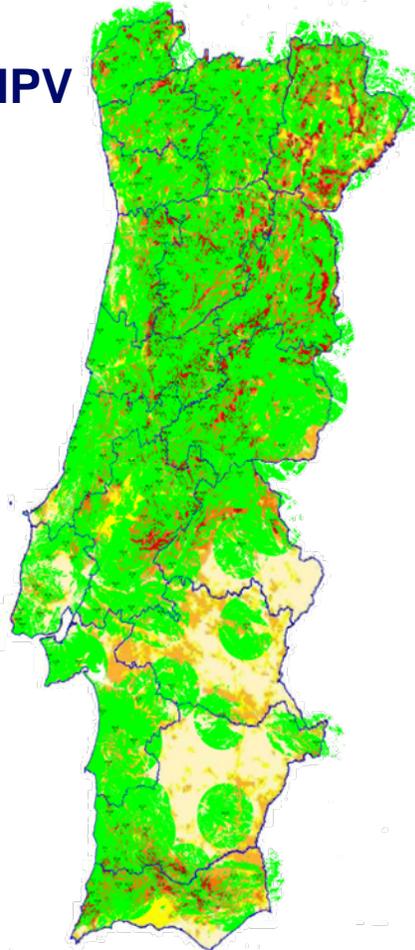
31/08/2005 – 22/11/2005

7 Realizaram este estudo:

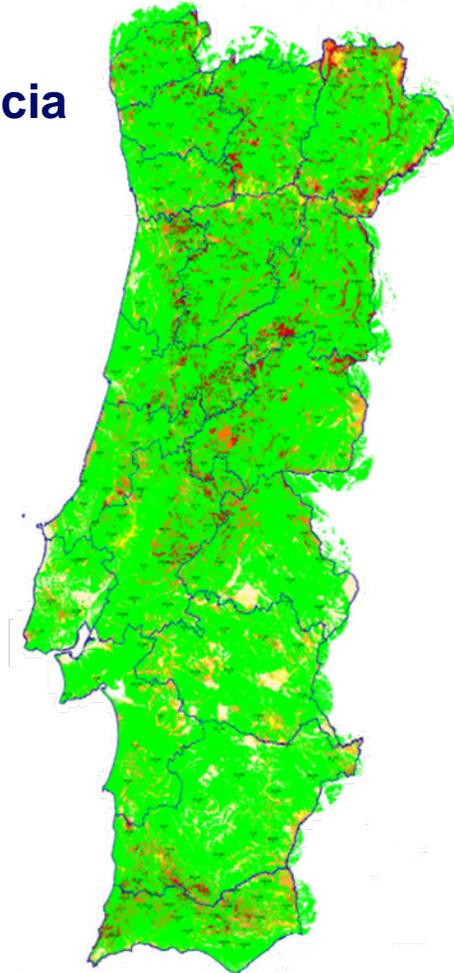
José Castro Coelho, Manuel Queiró, José Lino Ramos, Abel Lima Baptista e Ana Soares (militantes do CDS-PP)
&
João Manuel Soares, Francisco Oliveira Martins, António Cipriano Pinheiro, António Loureiro e Paulo Tenreiro (Independentes)

Estudo para implementação de um sistema de vigilância electrónica

RNPV



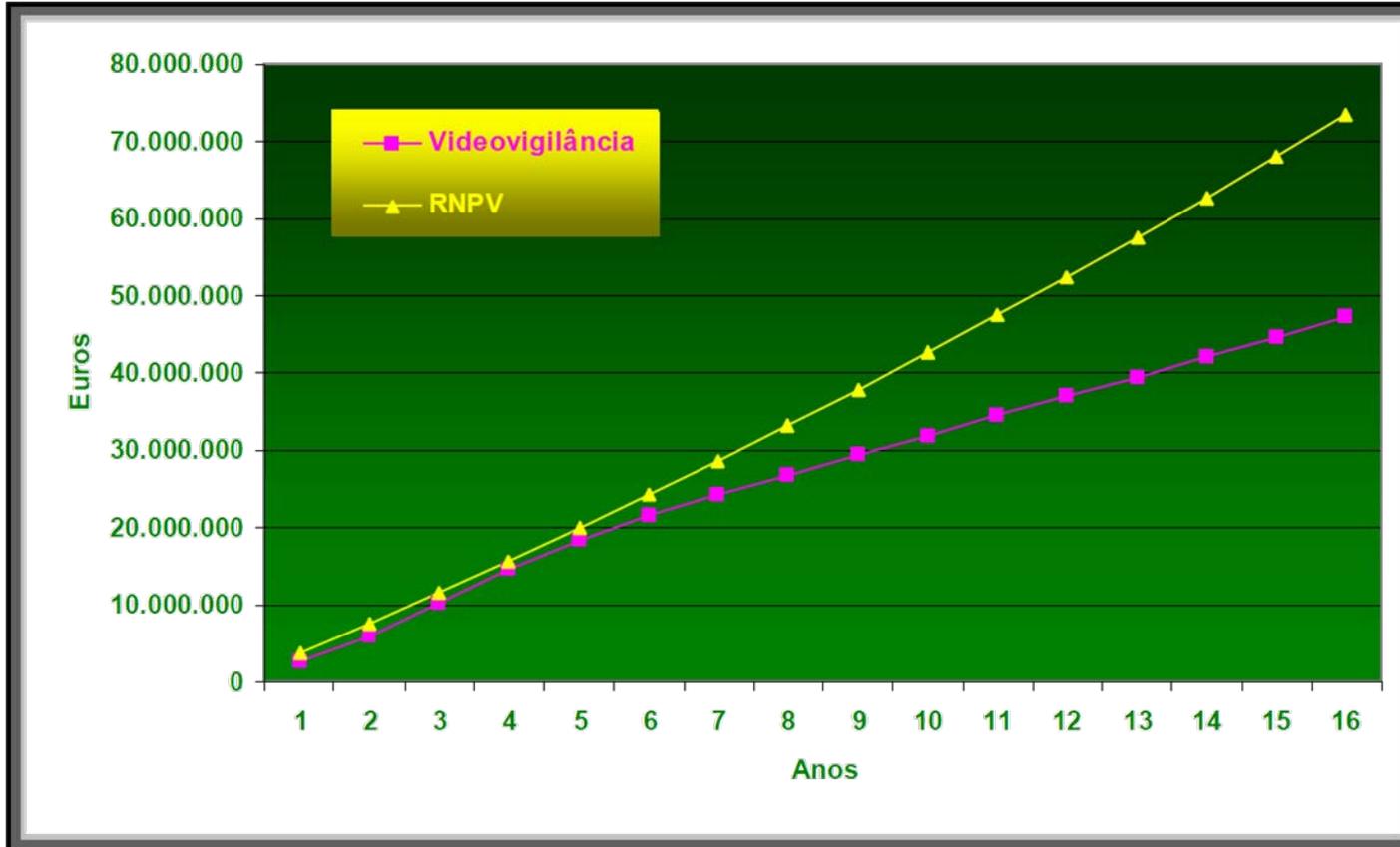
Videovigilância



12,6M€

inesc . inovação

Estudo para implementação de um sistema de vigilância electrónica





TECNOLOGIAS DE VIGILÂNCIA ELECTRÓNICA

TECNOLOGIAS DE VIGILÂNCIA ELECTRÓNICA

inesc • inovação



ACOMPANHAMENTO DE OCORRÊNCIAS

Não haverá muito a discutir sobre as tecnologias mais adequadas para a gestão e acompanhamento do combate aos incêndios florestais. Câmaras de vídeo, eventualmente complementadas com câmaras térmicas, oferecem aos Comandos (CDOS), uma preciosa ferramenta de apoio à decisão.

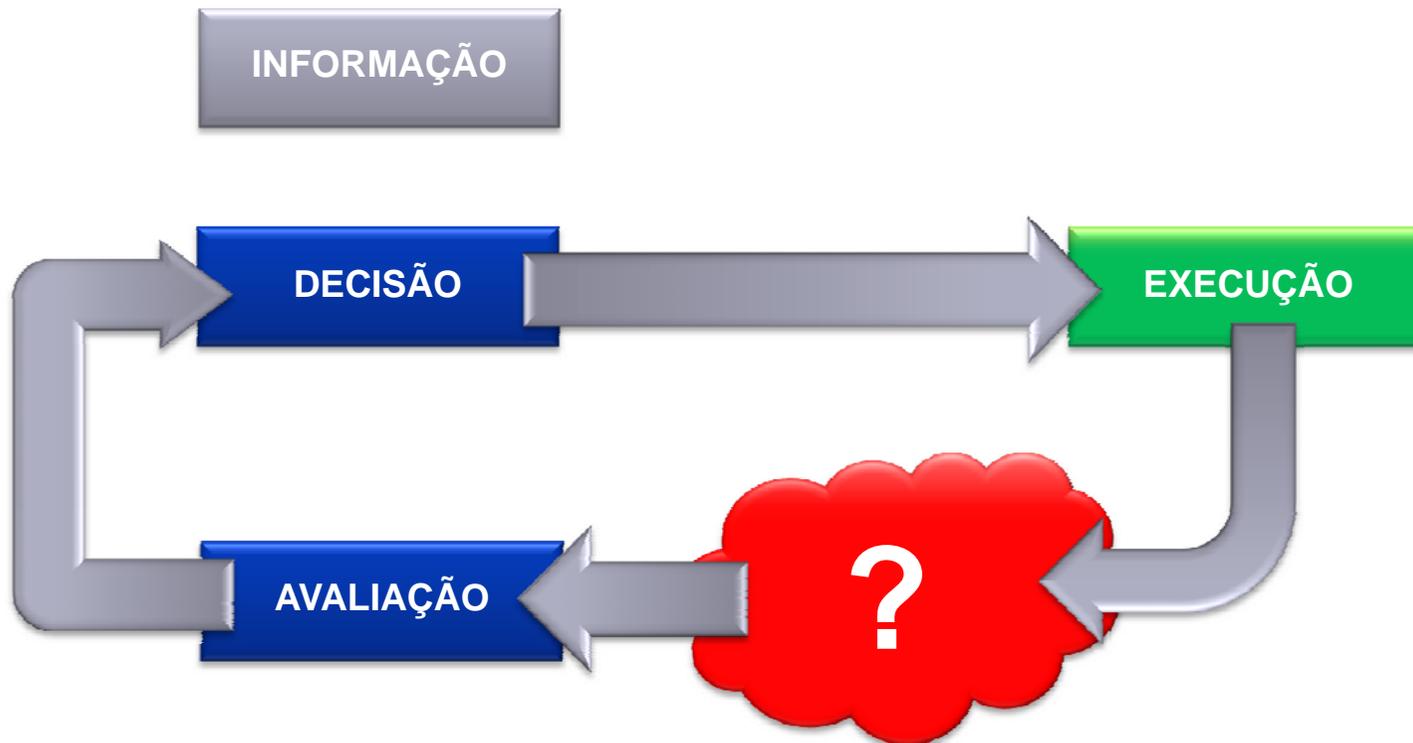


ACOMPANHAMENTO DE OCORRÊNCIAS

Com a vigilância remota é possível avaliar a situação de forma rápida e abrangente, eliminando inevitáveis erros ou omissões na transferência da informação, as quais poderão condicionar as tomadas de decisão.



ACOMPANHAMENTO DE OCORRÊNCIAS



ACOMPANHAMENTO DE OCORRÊNCIAS

inesc . inovação



ACOMPANHAMENTO DE OCORRÊNCIAS



MÚLTIPLAS OCORRÊNCIAS
GESTÃO DE MEIOS DE COMBATE
RELOCALIZAÇÃO DE MEIOS
LIBERTAÇÃO DE MEIOS



ACOMPANHAMENTO DE OCORRÊNCIAS



- Elevada capacidade de zoom (36x)
- Resolução TVHD
- Frame rate (25fps)
- Interface digital (Ethernet)
- Elevada relação S/N (60dB)
- Elevada sensibilidade (1 lux / 0,001 lux)
- P&T de elevada velocidade (100°/s)

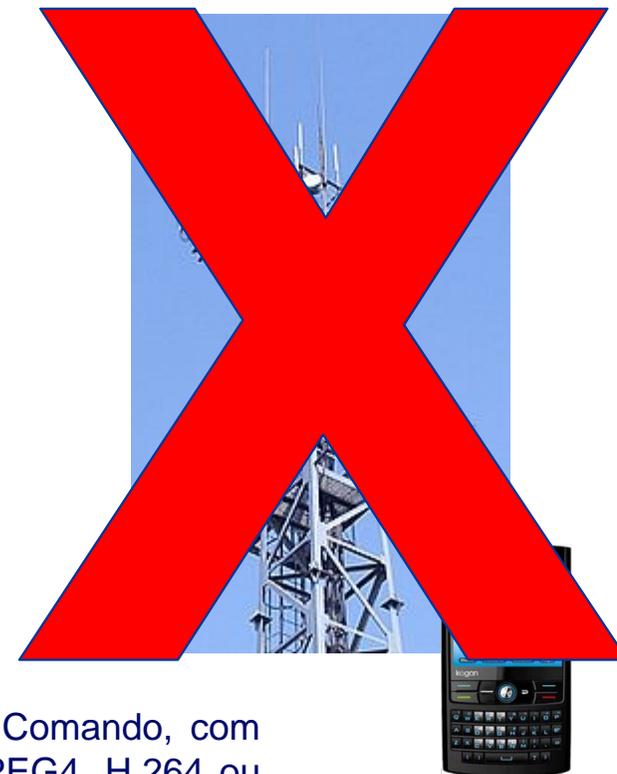
ACOMPANHAMENTO DE OCORRÊNCIAS

Câmaras Térmicas



**FRENTE DE CHAMA
VIGILÂNCIA PÓS EXTIÇÃO
REACENDIMENTOS**

ACOMPANHAMENTO DE OCORRÊNCIAS



Um sistema de comunicações que transporte as imagens para os Centros de Comando, com qualidade, *frame rate* e latência adequados. Vídeo comprimido em formatos MPEG4, H.264 ou MJPEG são adequados para este tipo de aplicação, desde que as taxas de compressão não sejam demasiado destrutivas. Larguras de banda da ordem dos 250 a 500Kbps são necessárias. As actuais redes públicas de comunicações móveis não garantem os níveis de qualidade necessários, porque:

- Não garantem cobertura nos locais preferenciais de instalação das câmaras.
- Não disponibilizam a largura de banda necessária à transmissão de vídeo com qualidade.
- Introduzem elevada latência, tornando difícil a orientação das câmaras.

TECNOLOGIAS DE DETECÇÃO ELECTRÓNICA



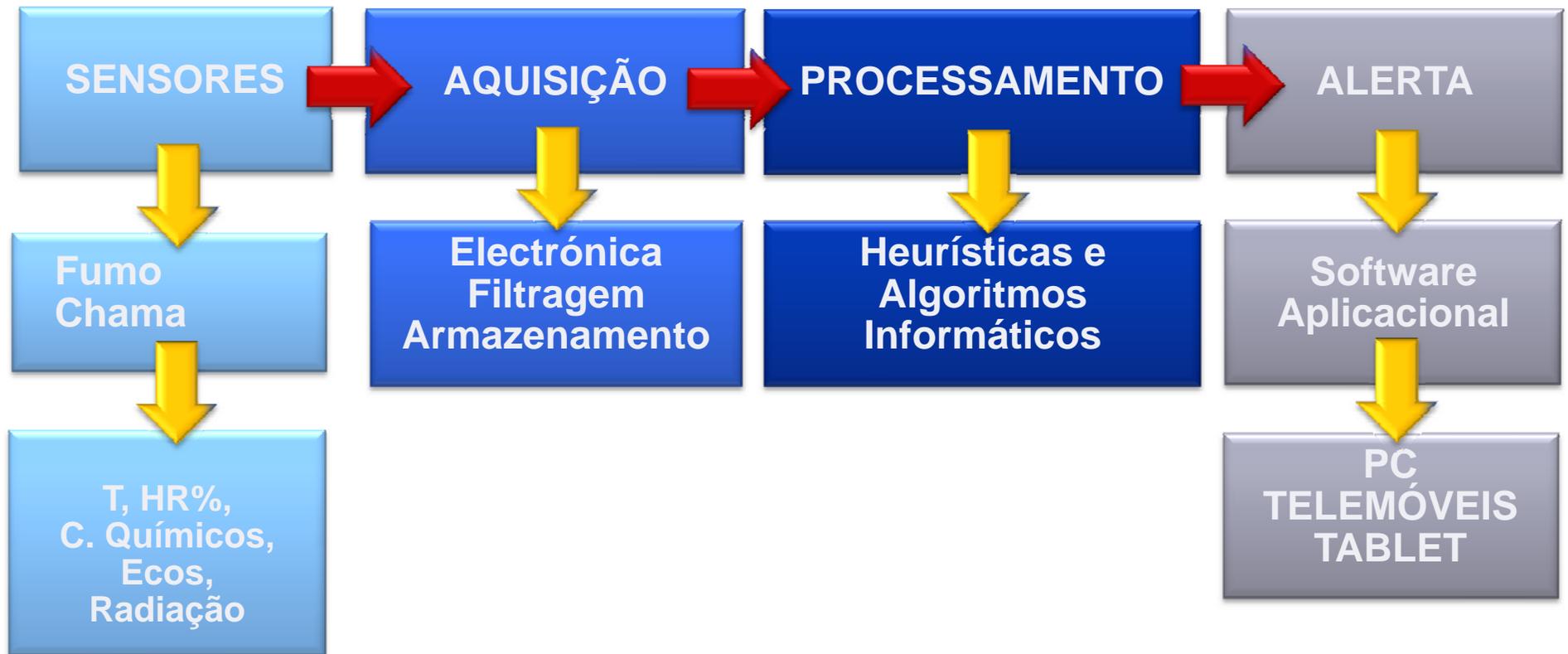
TECNOLOGIAS DE DETECÇÃO ELECTRÓNICA

Alguns factores a ter em conta na avaliação de uma tecnologia

- Alcance e suas condicionantes
- Área coberta e suas condicionantes
- Tempo de revisita
- Eficácia
- Custos (CAPEX, OPEX)
- Outras aplicações relevantes

TECNOLOGIAS DE DETECÇÃO ELECTRÓNICA

O Processo



TECNOLOGIAS DE DETECÇÃO ELECTRÓNICA

Algumas considerações sobre eficácia das tecnologias de detecção

Quando se fala em tecnologias de detecção de fogos florestais, existe uma pergunta inevitável.
Qual o número (ou percentagem) de falsos alarmes (falsos-positivos)?

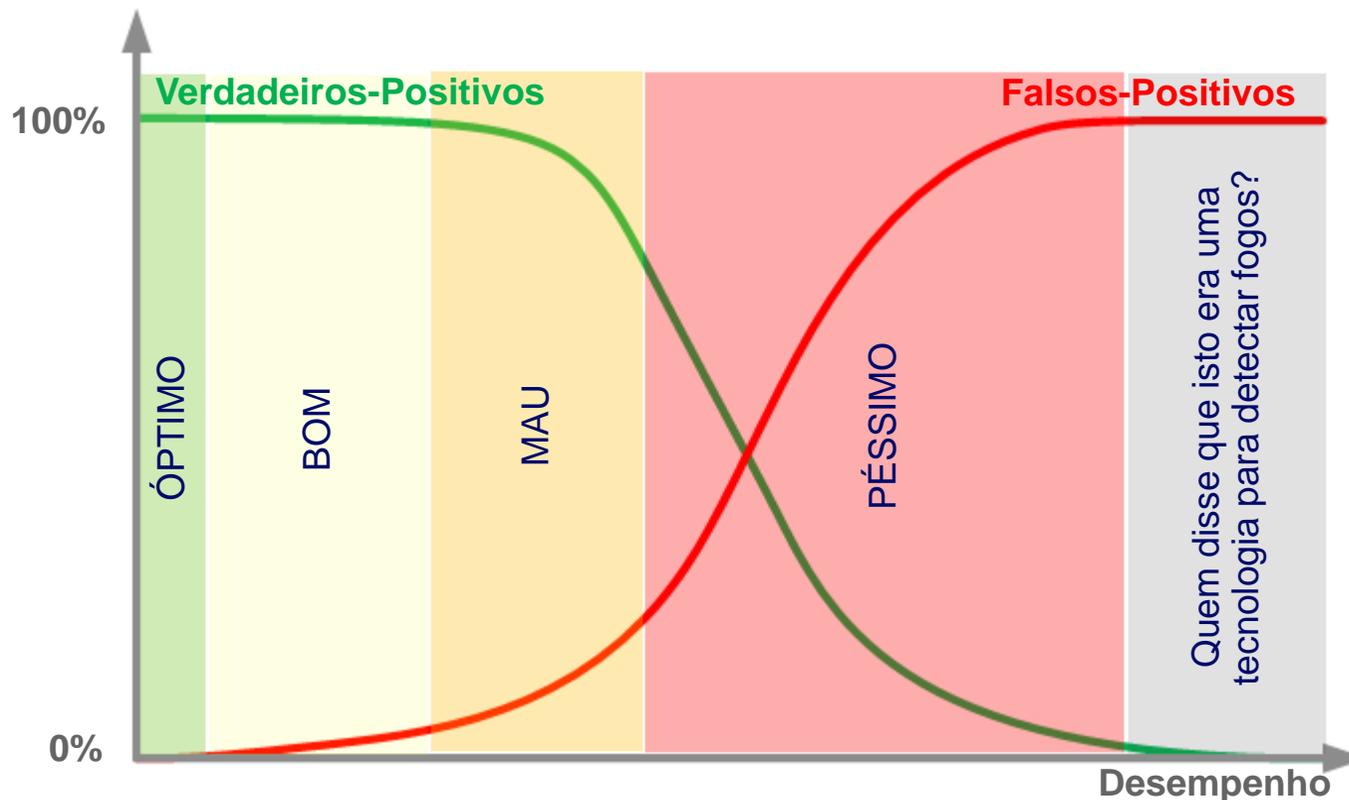
Raramente se questiona sobre a questão dos verdadeiros-positivos.

Alarmes	Positivos		Negativos	
Ocorrências				
Verdadeiros	Ocorrência	S	Ocorrência	S
	Alarme	S	Alarme	N
Falsos	Ocorrência	N	Ocorrência	N
	Alarme	S	Alarme	N

TECNOLOGIAS DE DETECÇÃO ELECTRÓNICA

Algumas considerações sobre eficácia das tecnologias de detecção

Não existem sistemas ou tecnologias infalíveis para detecção de fogos florestais. Teremos que tolerar a existência dos **falsos-positivos**.



TECNOLOGIAS DE DETECÇÃO ELECTRÓNICA

Algumas considerações sobre eficácia das tecnologias de detecção

A tecnologia testa-se no laboratório. O sistema testa-se no terreno.

Não é suficiente ter uma boa tecnologia. É necessário que essa tecnologia esteja integrada num bom sistema.

No mundo da detecção electrónica de fogos florestais, há quem invista no sensor, há quem invista no sistema.



TECNOLOGIAS DE DETECÇÃO ELECTRÓNICA

AS TECNOLOGIAS

- **Satélite**
- **Redes de sensores**
- **Espectrometria óptica**
- **Ondas acústicas**
- **Ultra-violeta**
- **Infra-vermelho**
- **LIDAR**
- **Visível**

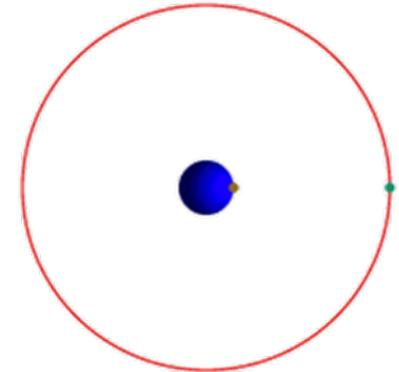
Deverá ser a par da medicina, a actividade onde o número de tecnologias para atingir o mesmo fim é tão profícua!

Satélites

Geoestacionários



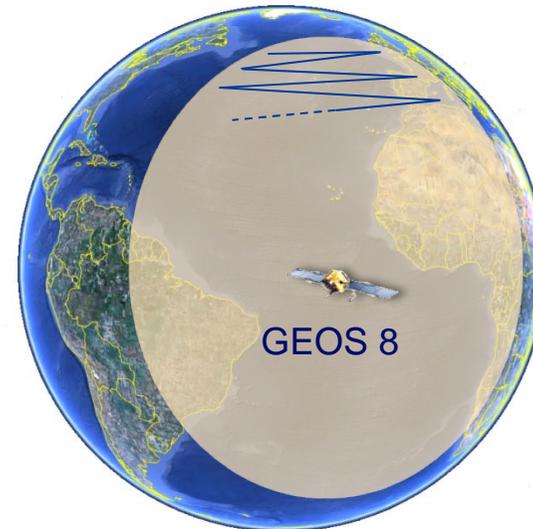
- Período de rotação igual ao da Terra (1 dia)
- Órbita equatorial
- Fixos relativamente a um ponto na Terra
- $D_{nm} = 35.786 \text{ km}$



- Telecomunicações
- Observação da Terra (investigação, meteorologia)
- Localização (Galileu)

Ex.:

- Constelação **GOES**
 - $R_{\text{pixel}} = 1 - 4 \text{ Km}$
 - $P_{\text{img}} = 4 \text{ h}$



GEOS (Geodetic Earth Orbiting Satellite)



Satélites Geoestacionários

Excelente
Boa
Mediocre
Má

Factor	Adequação	Observações
Alcance	Excelente	
Área coberta	Excelente	
Tempo de revisita	Má	4 horas.
Eficácia	Mediocre	
Capex	Excelente	
Outras aplicações	Mediocre	

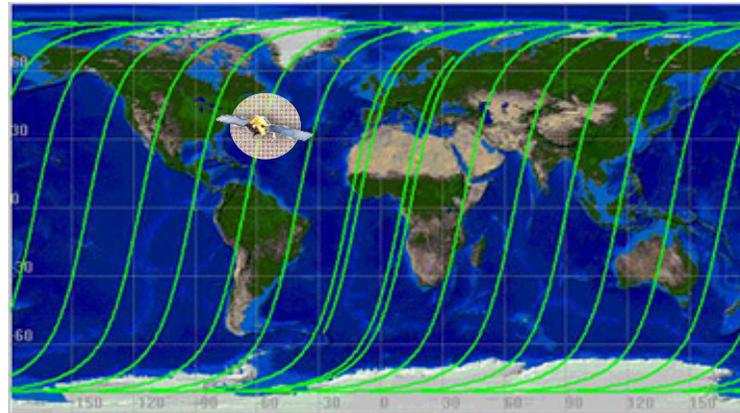
Satélite Baixa Altitude



- Período de rotação: [90 ; 120] min
- Órbita polar
- P_{rev} : [1; 3] dias
- D_{nm} : [700; 1700] km
- Telecomunicações
- Observação da Terra (investigação, meteorologia)

Ex.:

- Constelação SPOT
 - $D_{nm} = 842$ Km
 - $R_{pixel} = 2.5$ m
 - $P_{img} = 24h^*$



* Em condições minimamente favoráveis



Satélite Baixa Altitude

Factor	Adequação	Observações
Alcance	Green	
Área coberta	Green	
Tempo de revisita	Red	24 horas.
Eficácia	Yellow	
Capex	Green	
Outras aplicações	Yellow	Levantamento da área ardida

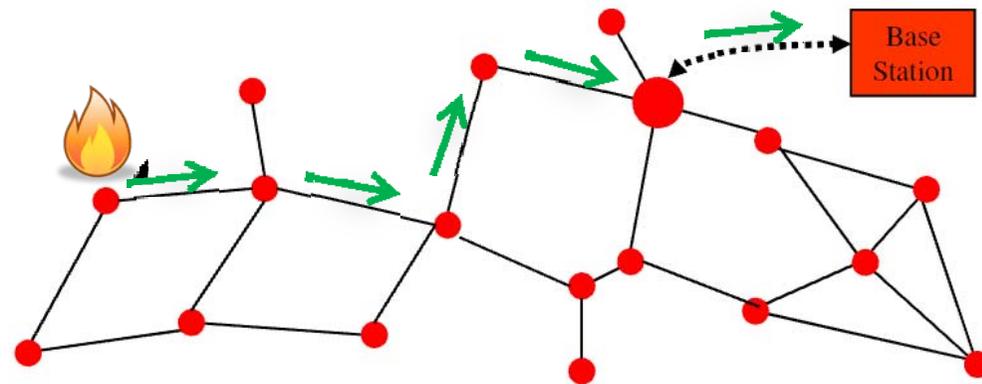
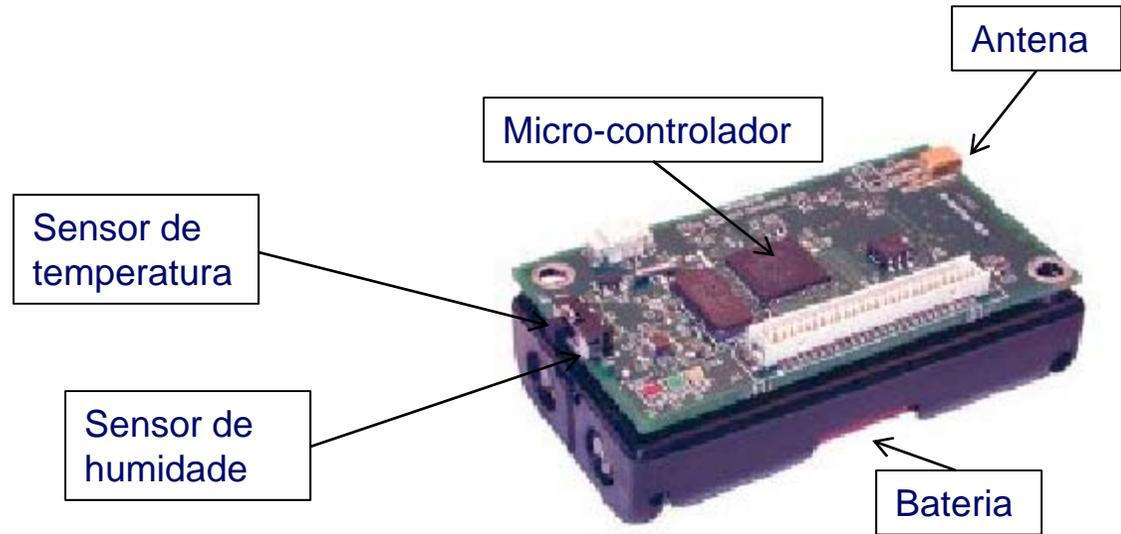
Redes de Sensores

inovação

As **Redes de Sensores**, são redes sem fios constituídas por sensores (**nós**), espacialmente distribuídos, capazes de adquirir determinadas grandezas físicas (e.g. temperatura, humidade), transmitindo os seus dados aos **nós** mais próximos, propagando a informação até a uma estação base (*mesh network*).

Alcance: <100 m

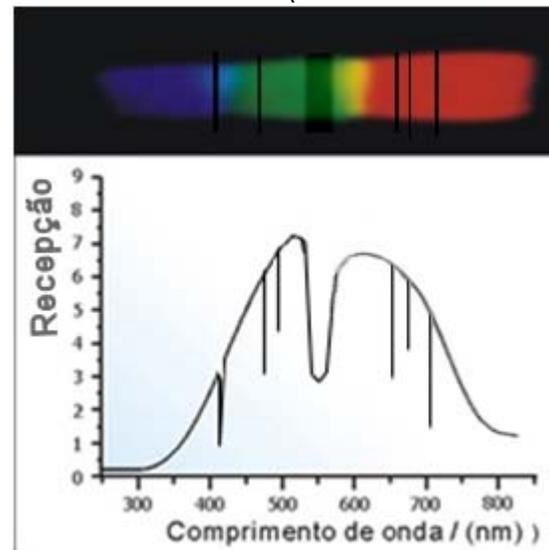
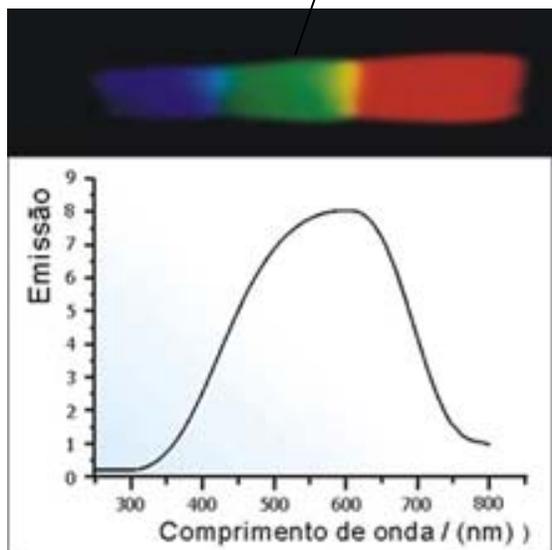
Tempo de vida: 1- 5 anos



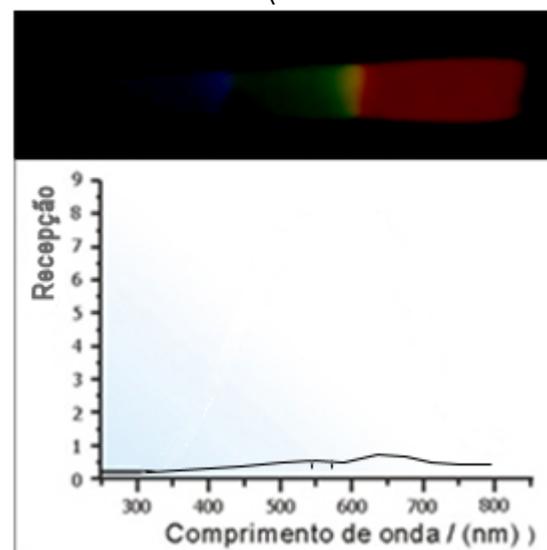
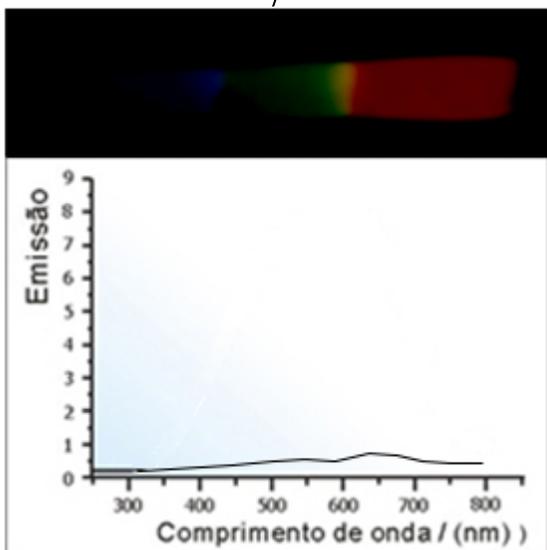
Redes de Sensores

Factor	Adequação	Observações
Alcance	Red	
Área coberta	Red	
Tempo de revisita	Green	
Eficácia	Red	
Capex	Red	Apesar do possível baixo custo de cada dispositivo (10€), o seu fraco alcance torna o investimento incomportável.
Outras aplicações	Yellow	Previsão de risco de incêndio.

Espectrometria Óptica

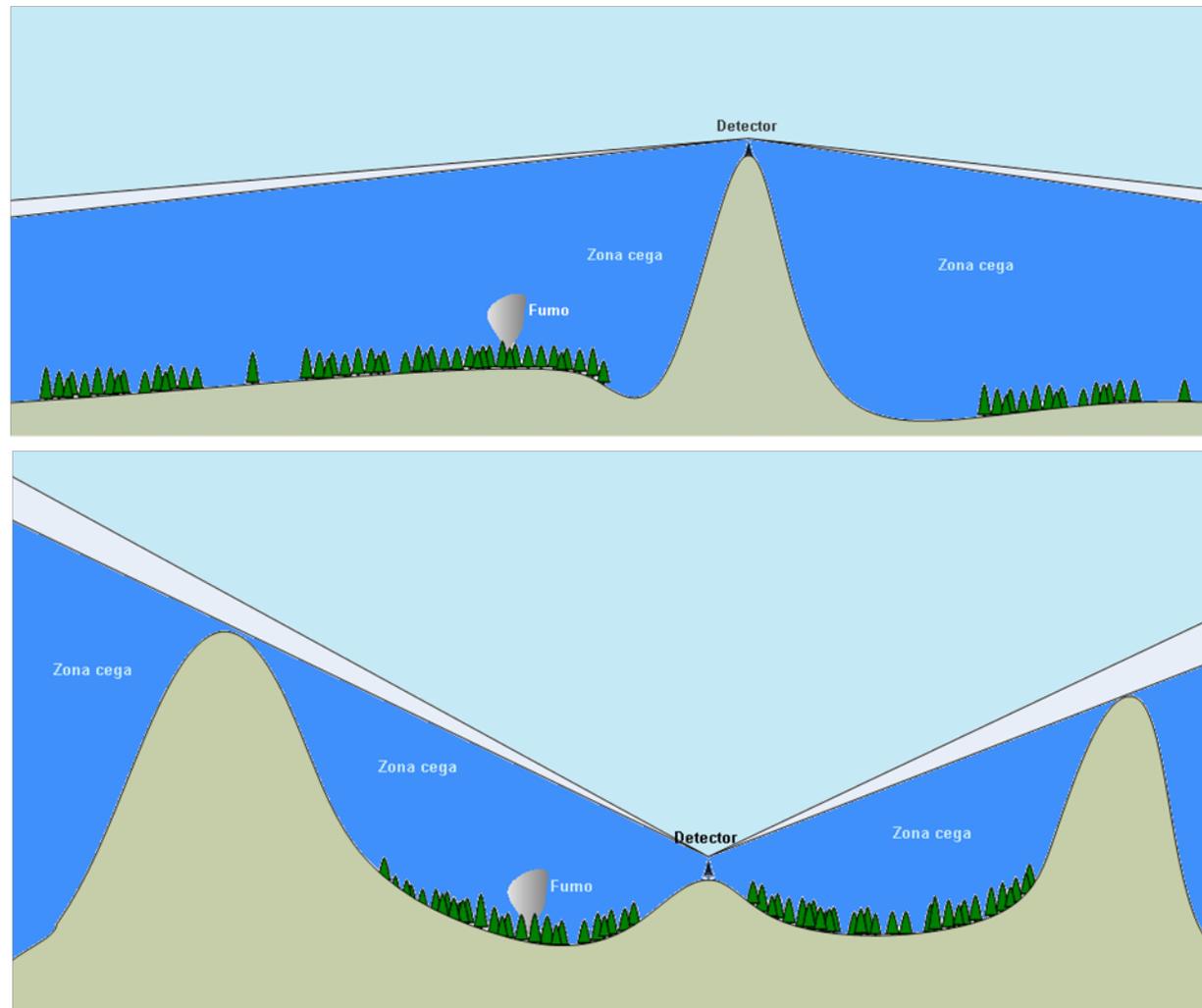


Espectrometria Óptica



Espectrometria Óptica

Cobertura

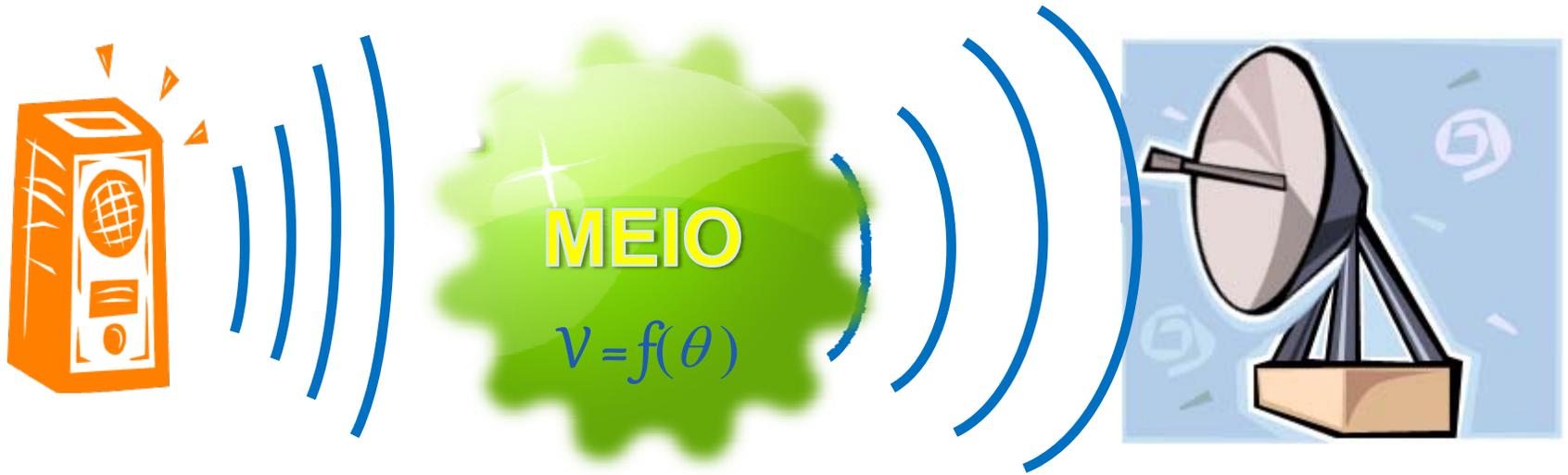


- Forest Fire Finder (Portugal)

Espectrometria Óptica

Factor	Adequação	Observações
Alcance	Amarelo	15Km com boas condições de luminosidade.
Área coberta	Laranja	Limitado à observação acima da linha do horizonte.
Tempo de revisita	Laranja	O baixo FOV (2º) torna o tempo de revisita da ordem dos 15 minutos.
Eficácia	Laranja	O seu posicionamento mais favorável (vales), dificulta a transmissão de dados. Eficaz apenas com boas condições de luminosidade.
Capex	Vermelho	30K€ por dispositivo.
Outras aplicações	Amarelo	Qualidade do ar.

Ondas Acústicas



$$\vec{c}_{eff} = c\vec{n} + \vec{v}$$

$$c = 20.05\theta_v^{1/2} = 20.05\sqrt{\theta(1 + 0.61q)}$$

\vec{C}_{eff} : vector velocidade da onda

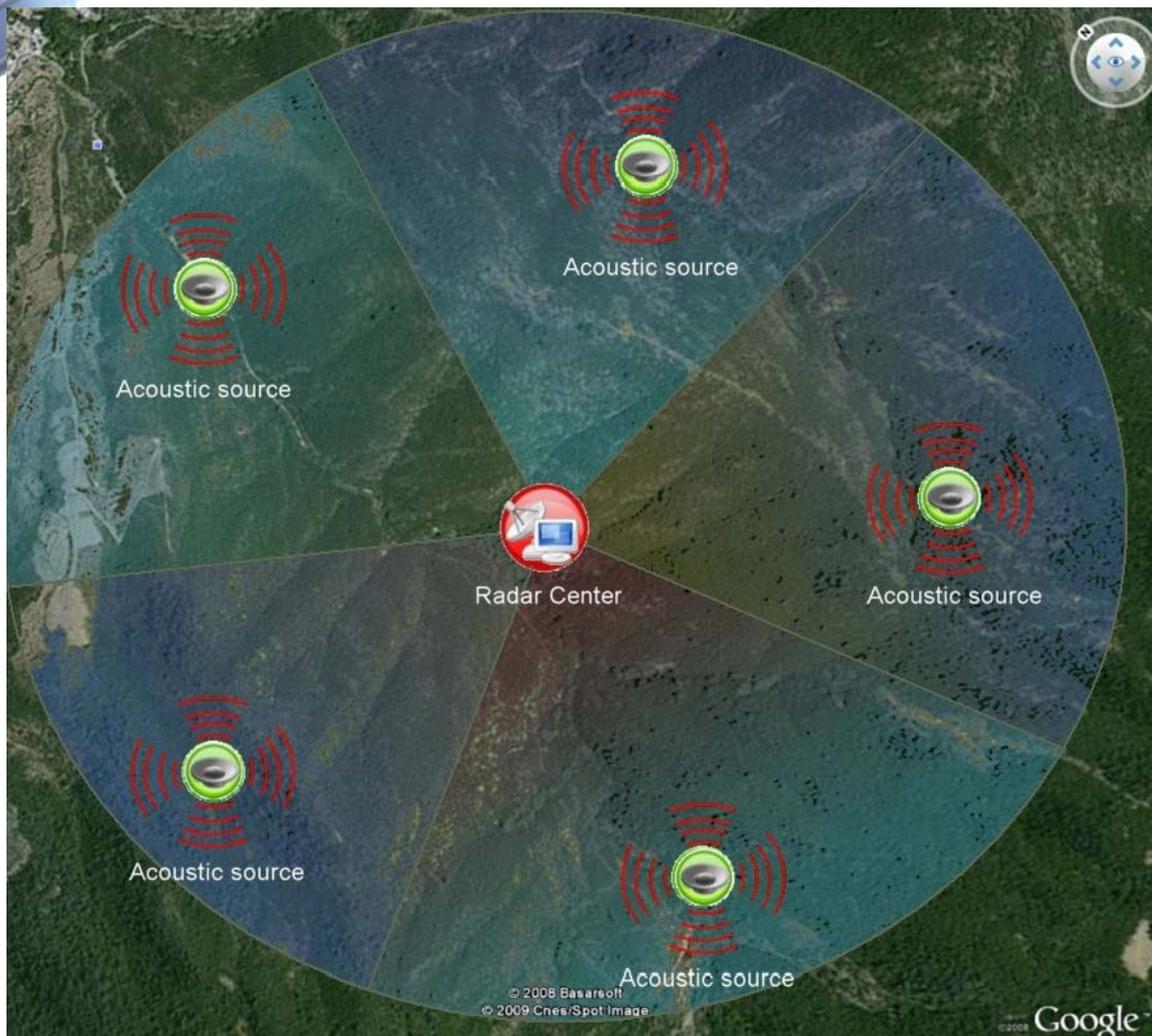
\vec{n} : vector frente de onda unitário

θ : Temperatura do meio

q : Transmissibilidade do meio

C : Velocidade do som meio

Ondas Acústicas



Alcance : 2.5 Km
f : 1 – 16 KHz
P : 18 – 160W

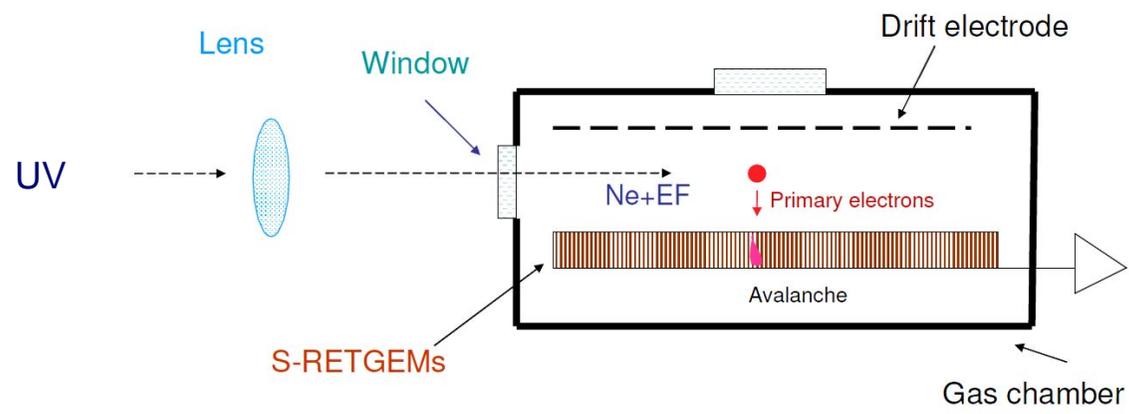
Ondas Acústicas

Factor	Adequação	Observações
Alcance		2,5Km.
Área coberta		
Tempo de revisita		
Eficácia		
Capex		Não é conhecido nenhum produto comercial.
Outras aplicações		Previsão de risco de incêndio.

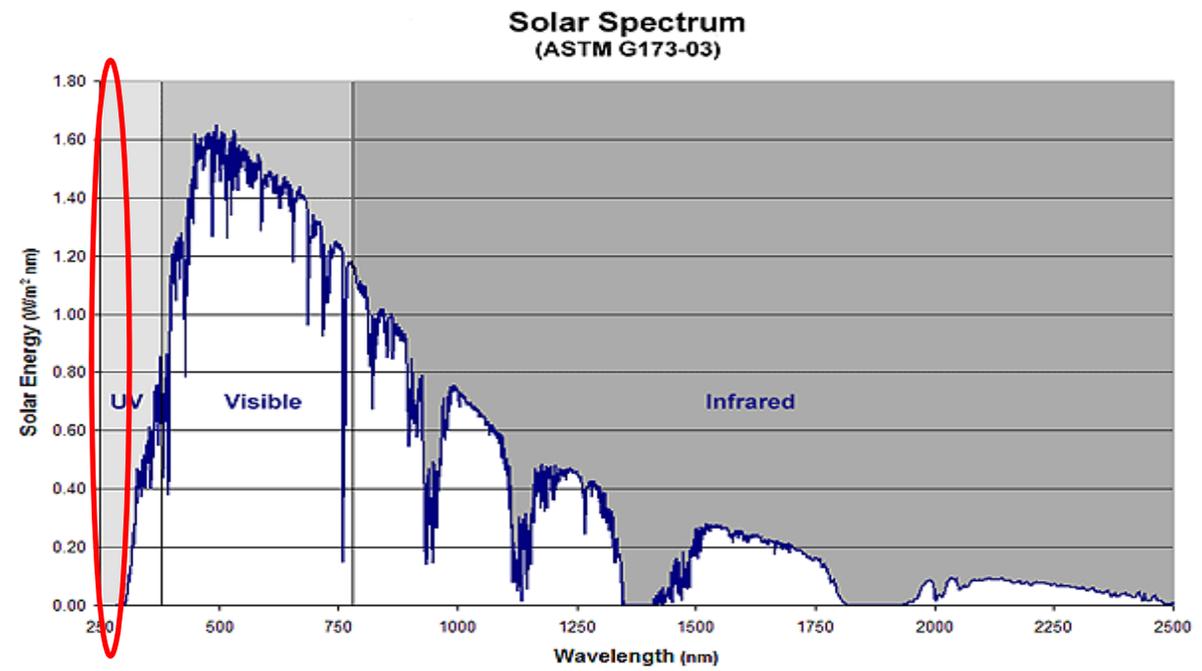


inesc • ino vacãõ

Ultra-violeta



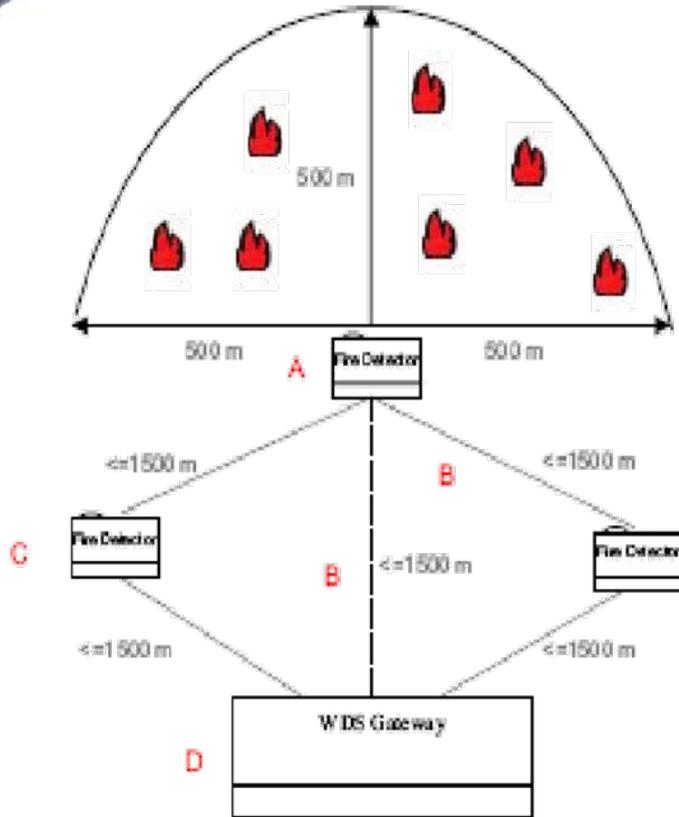
Alcance : 500 m



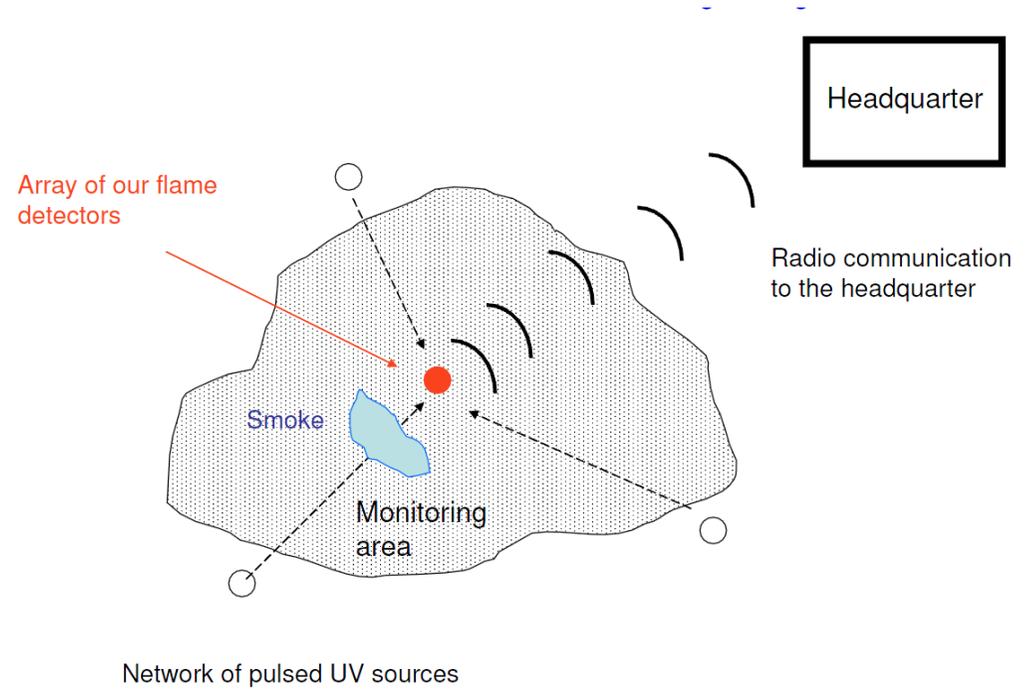
Ultra-violeta

inesc .
inovação

Modo Passivo



Modo Activo



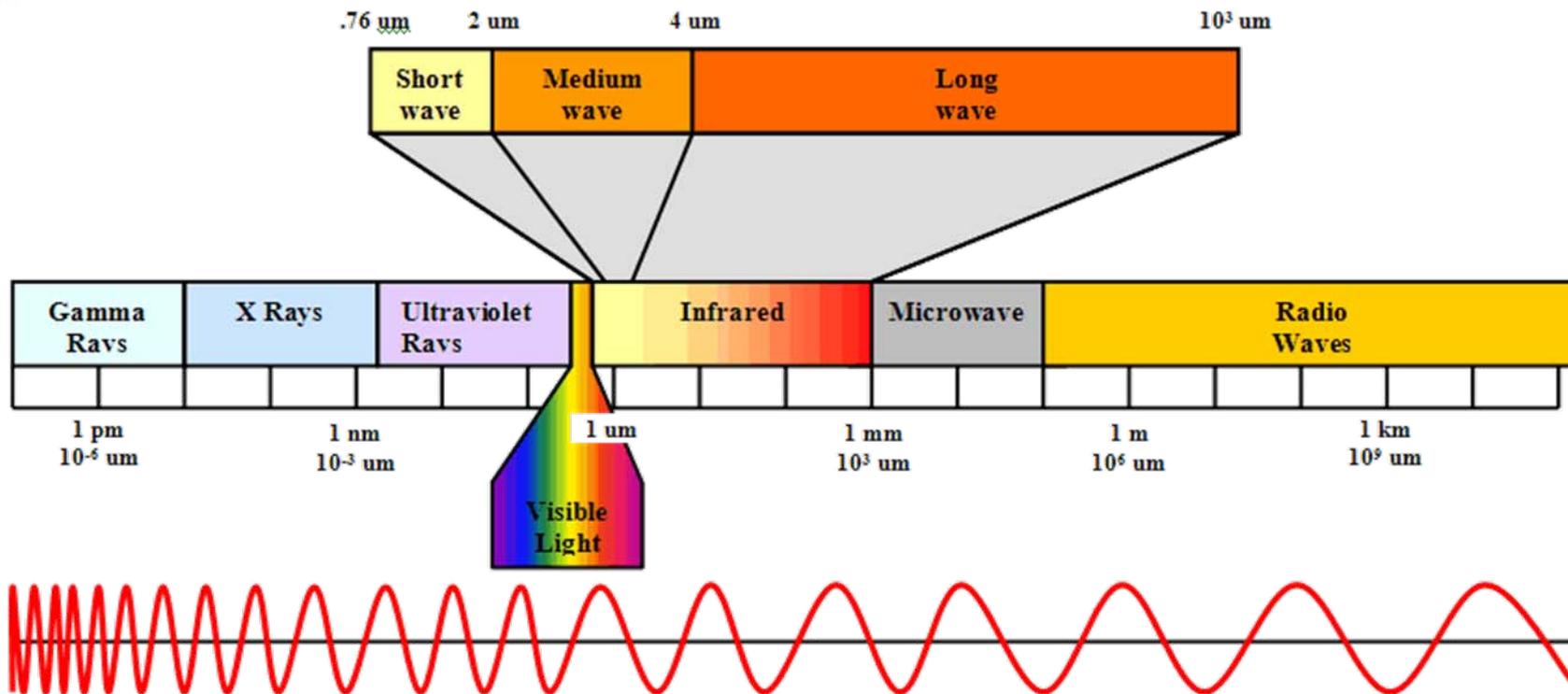
Ultra-violeta

Factor	Adequação	Observações
Alcance	Red	500 metros.
Área coberta	Red	
Tempo de revisita	Green	
Eficácia	Red	
Capex	Red	Apesar do possível baixo custo de cada dispositivo (150€), o seu fraco alcance torna o investimento inoportável.
Outras aplicações	Red	



inesc • inovação

Infra-vermelho



Infra-vermelho

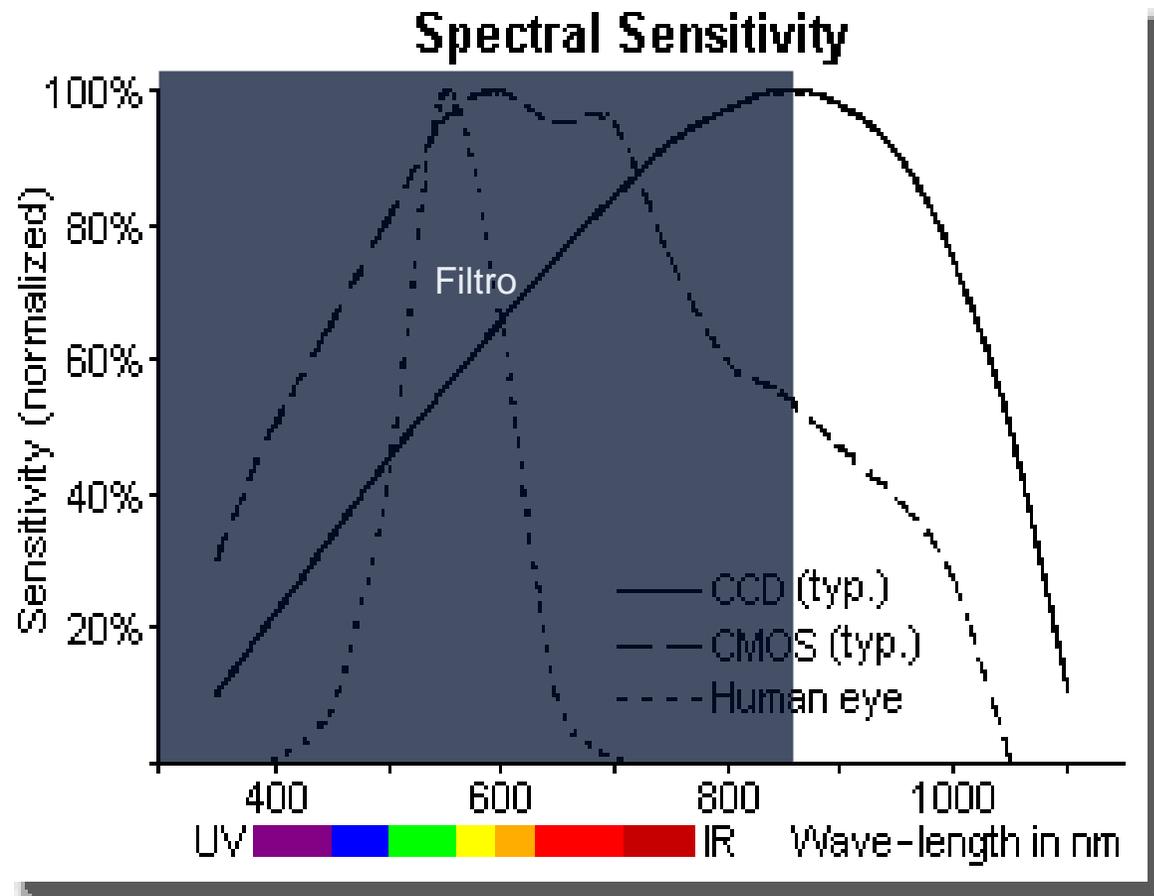
Próximo



inesc . inovação



1024x1024
FOV = 10°



Infra-vermelho

Próximo

Imagem diurna



Imagem nocturna

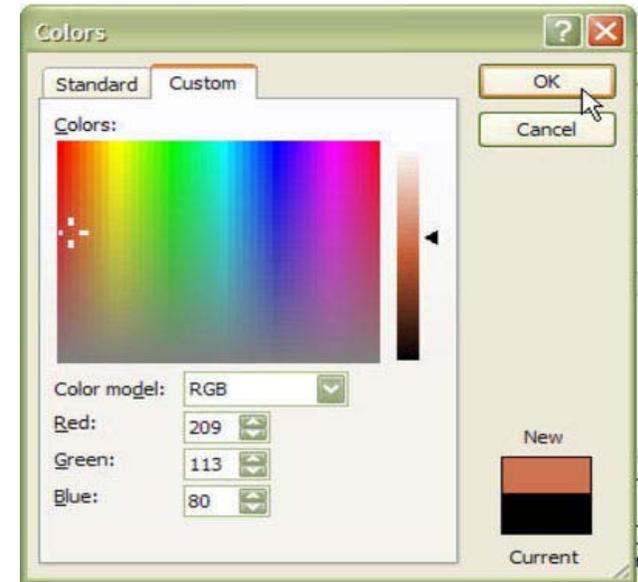
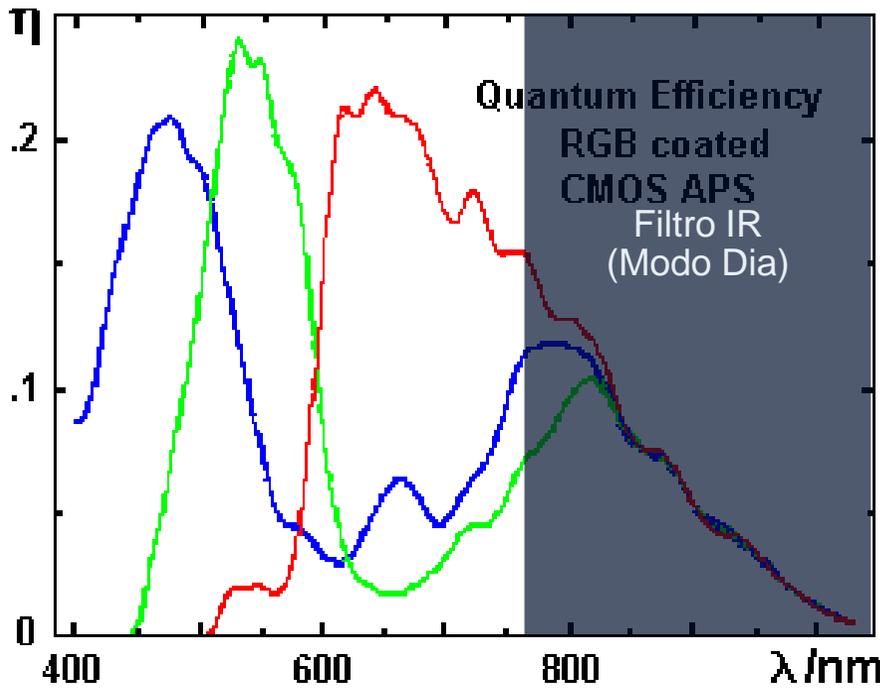


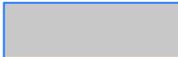
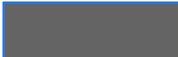
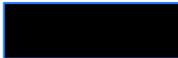
- Fire Watch (Alemanha)
- AWSF (Suíça)

Infra-vermelho Próximo



inovação . inesc



	R,	G,	B
	255,	255,	255
	200,	200,	200
	100,	100,	100
	0,	0,	0

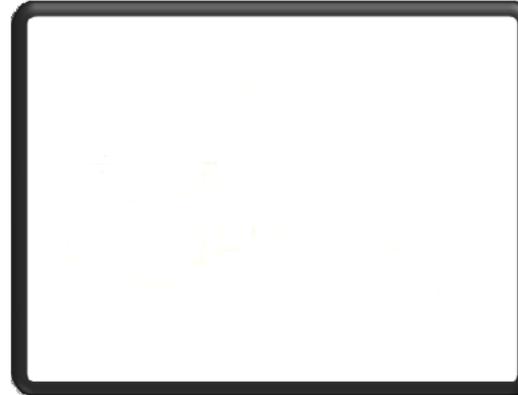
Infra-vermelho

Próximo

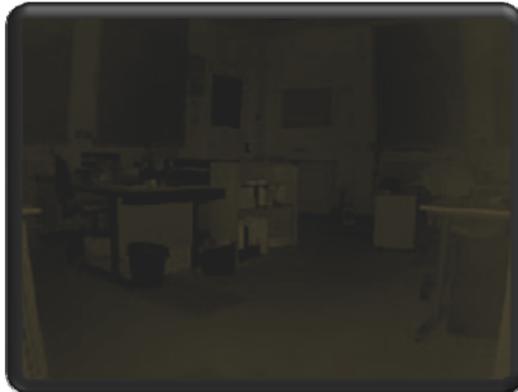
Dia com Filtro IR



Dia sem Filtro IR



Noite com Filtro IR



Noite sem Filtro IR



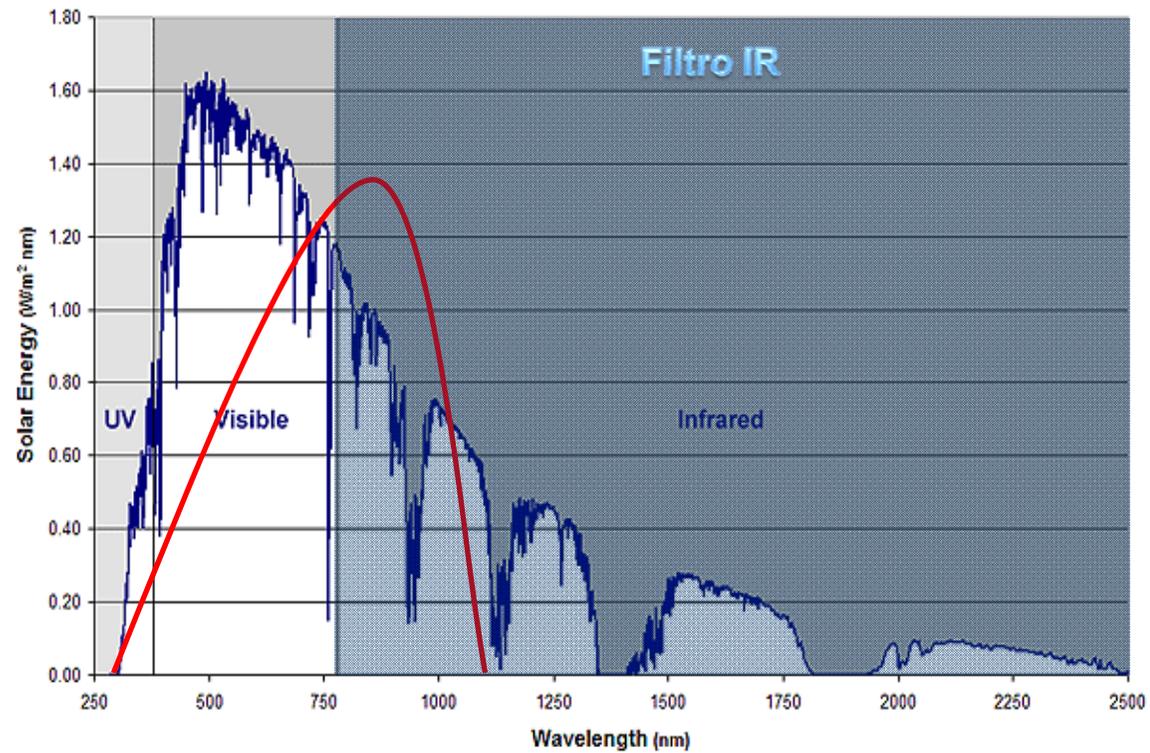
Infra-vermelho Próximo



inesc .
inovação



Solar Spectrum
(ASTM G173-03)

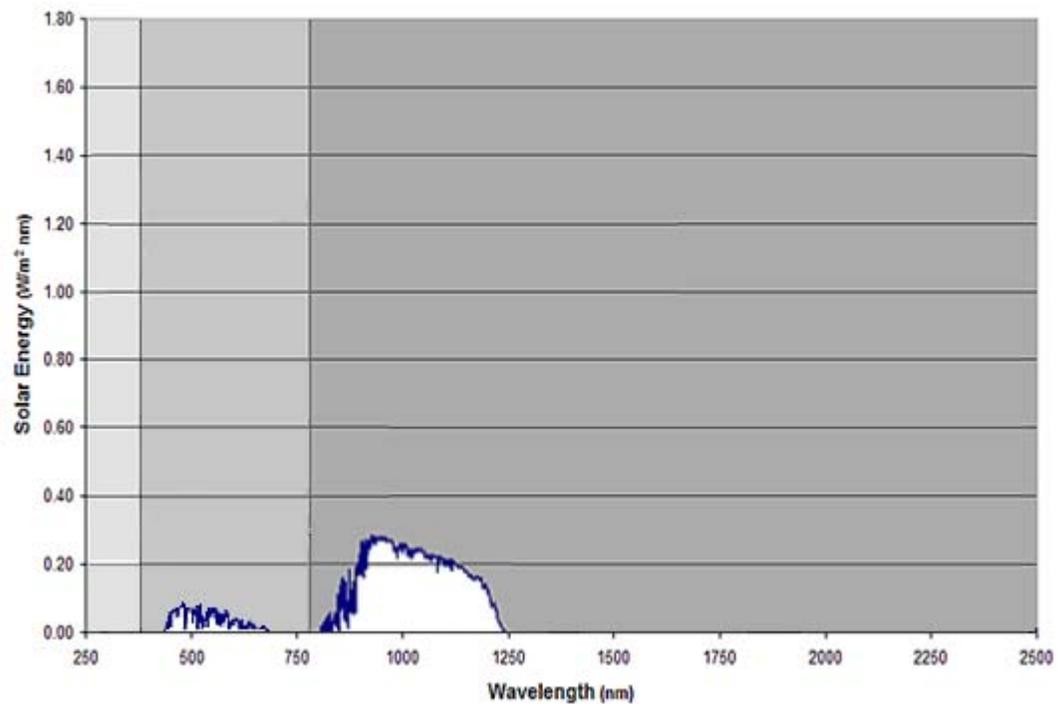
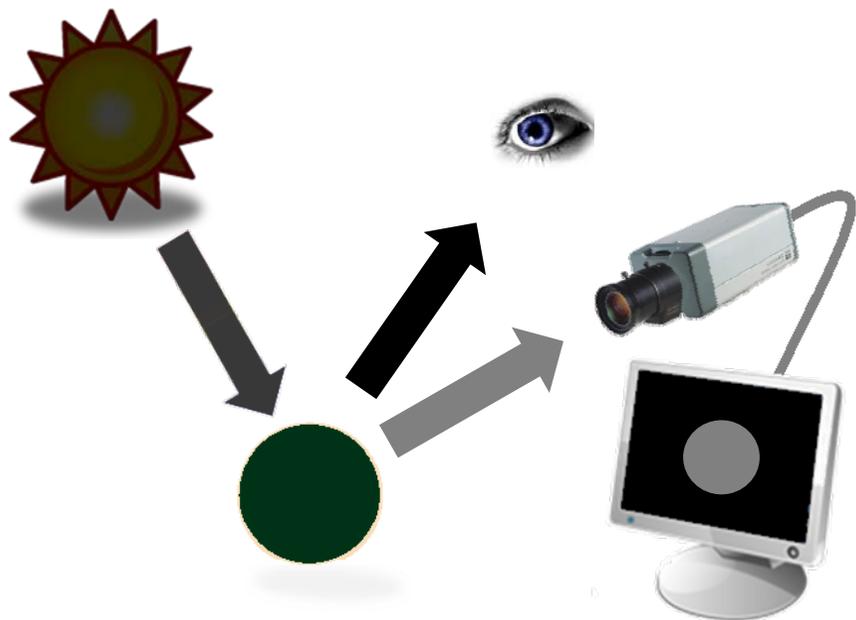




inesc
•
ino
vação

Infra-vermelho

Próximo





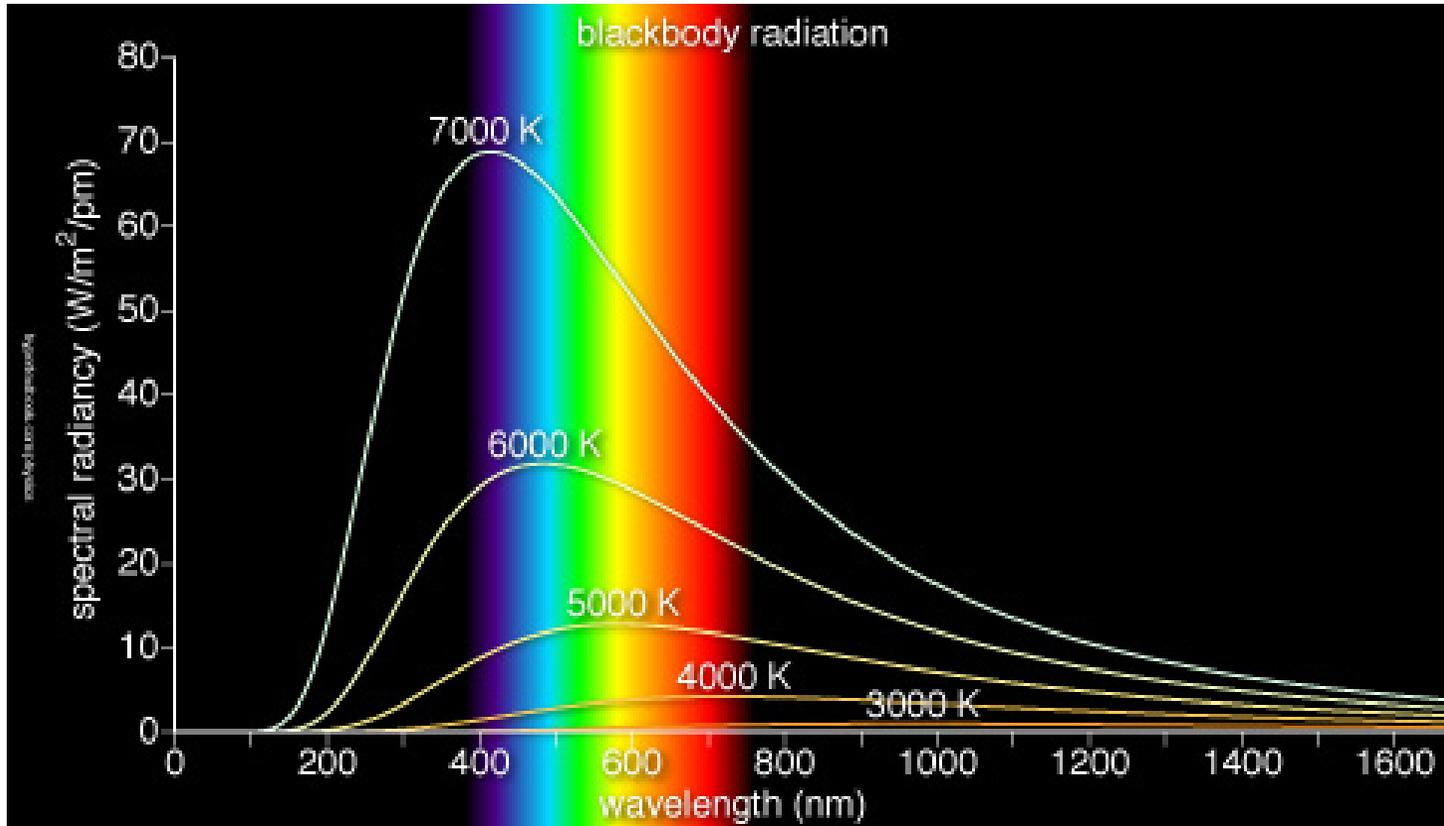
Infra-vermelho

Próximo

Factor	Adequação	Observações
Alcance	Verde	30Km.
Área coberta	Verde	
Tempo de revisita	Laranja	8 minutos.
Eficácia	Amarelo	Imagem monocromática.
Capex	Vermelho	30K€ por dispositivo.
Outras aplicações	Amarelo	Acompanhamento de ocorrências.

Infra-vermelho

Corpo Negro



$$E(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

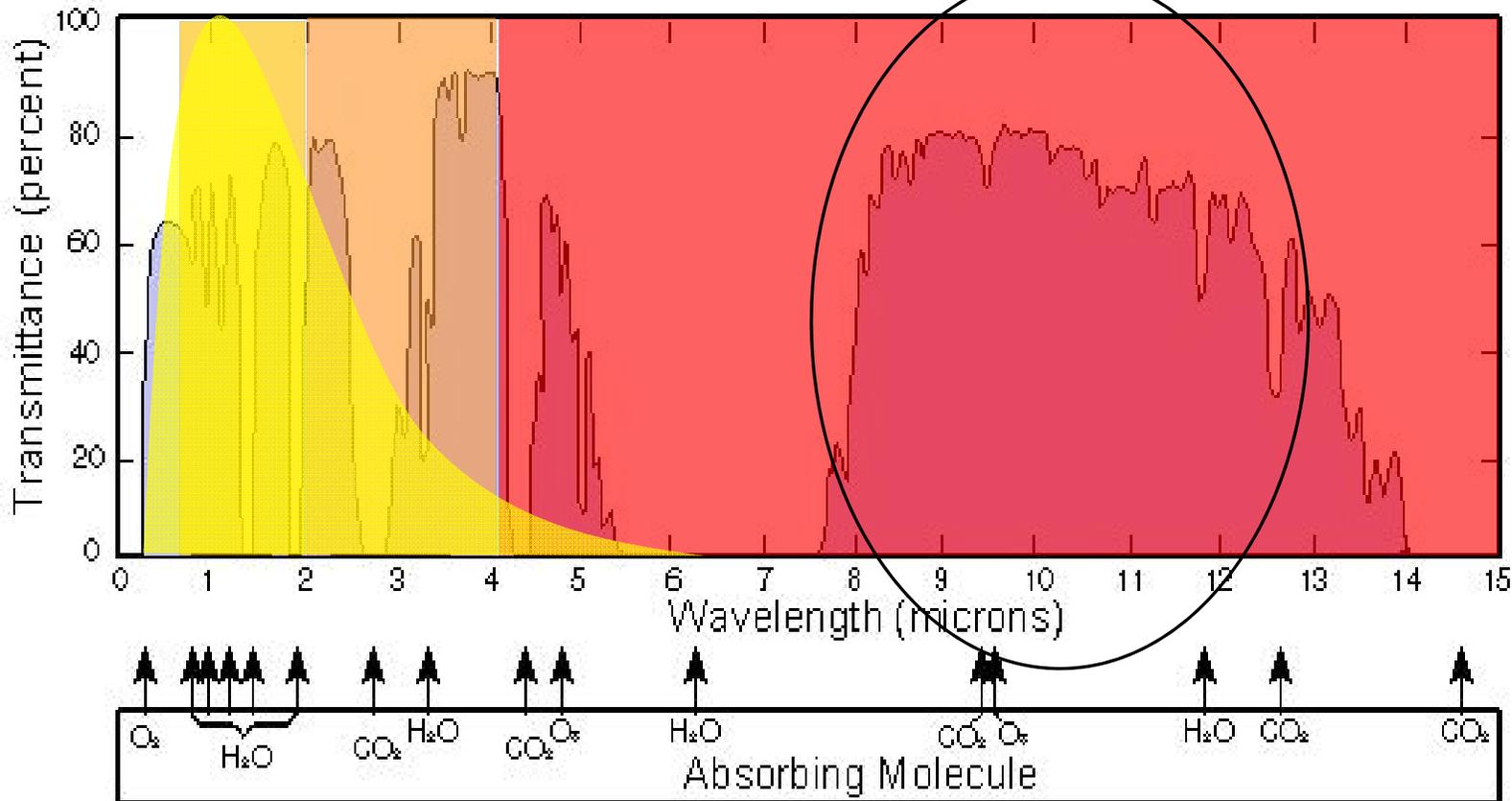
Equação de Planck



Infra-vermelho

Longínquo

- Espectro solar
- IR Próximo
- IR Médio
- IR Longínquo





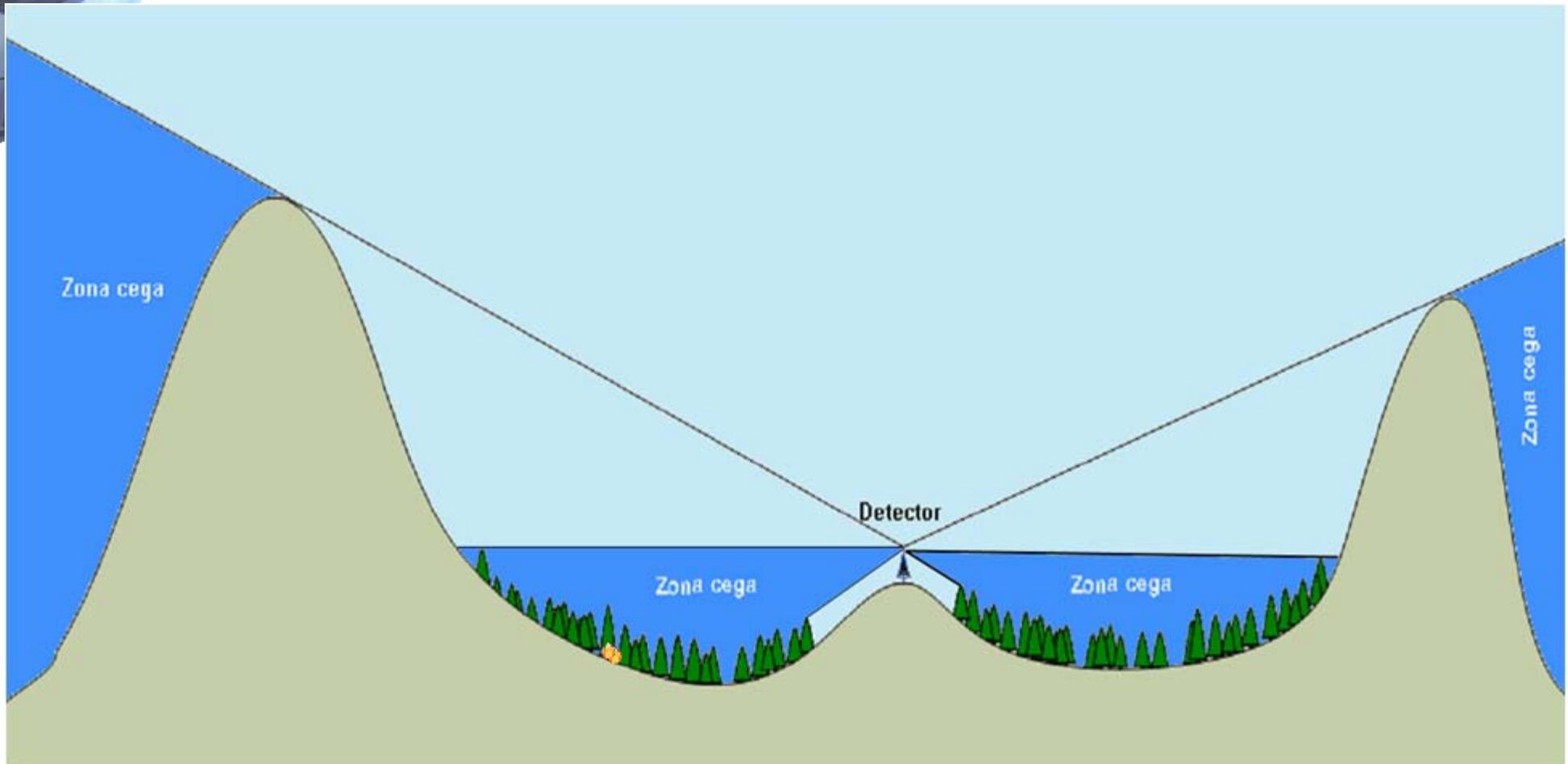
Infra-vermelho Longínquo

Imagem diurna ou nocturna



320x240 ou 640x480
FOV = 0,1° - 5°

Infra-vermelho



- BSDS (Itália)
- Versi (Espanha)

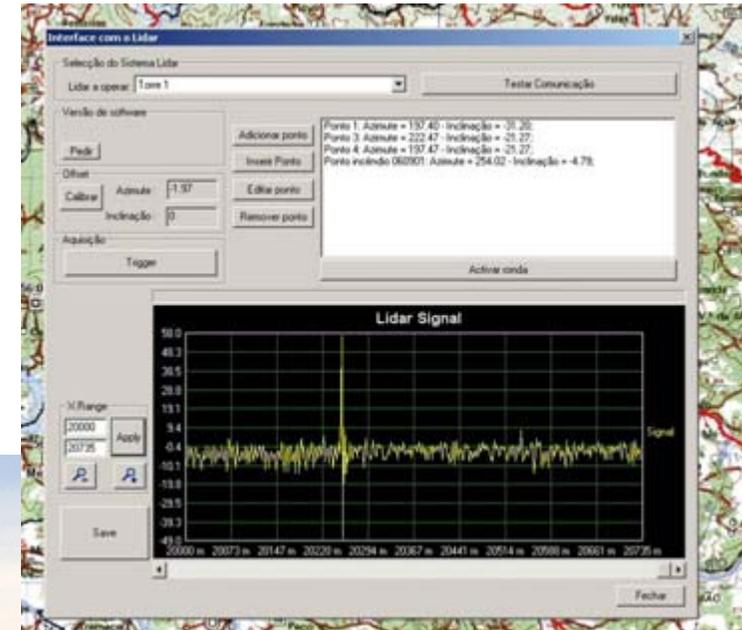


Infra-vermelho

Longínquo

Factor	Adequação	Observações
Alcance	Amarelo	15Km.
Área coberta	Laranja	Apenas em linha de vista. Orografia e coberto vegetal reduzem área coberta.
Tempo de revisita	Laranja	15 minutos.
Eficácia	Laranja	Penalizada pela baixa resolução do sensor (640x480) e linha de vista.
Capex	Vermelho	15K€ por dispositivo.
Outras aplicações	Amarelo	Previsão de risco de ignição. Frente de chama. Vigilância pós incêndio.

LIDAR – Light Detection and Ranging



FOV = 1°

LIDAR

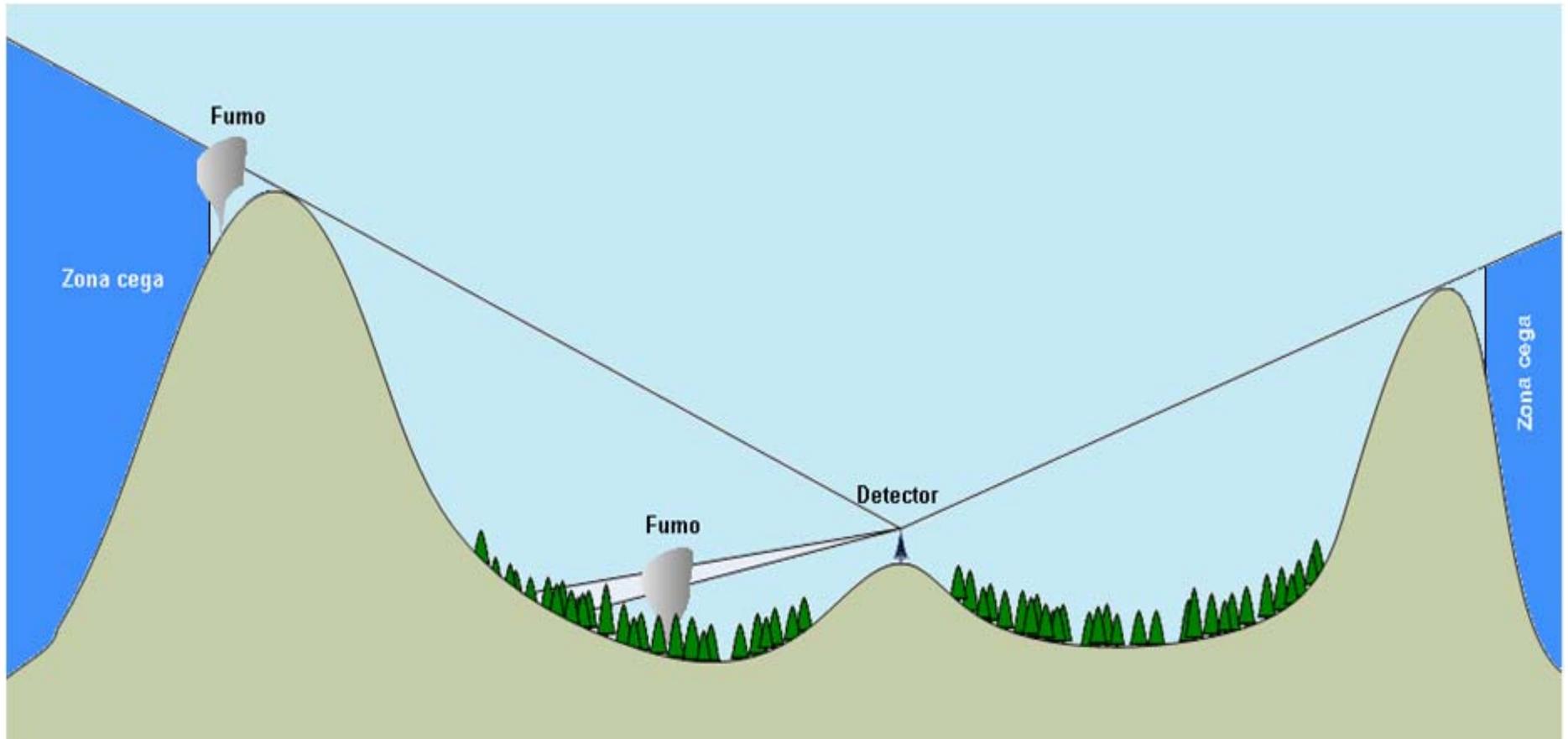
Light Detection and Ranging





LIDAR

Light Detection and Ranging



inesc . inovação



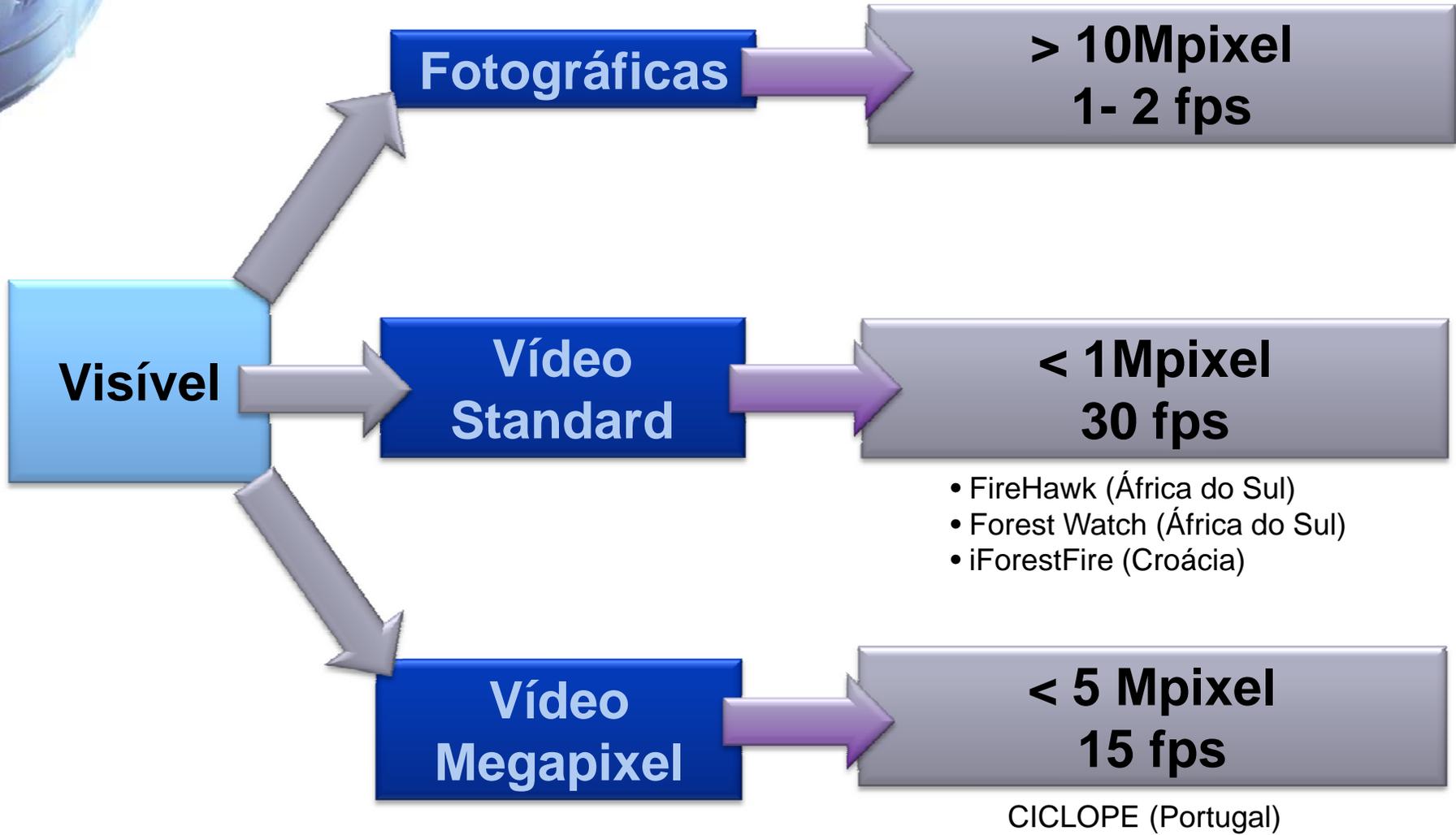
LIDAR

Light Detection and Ranging

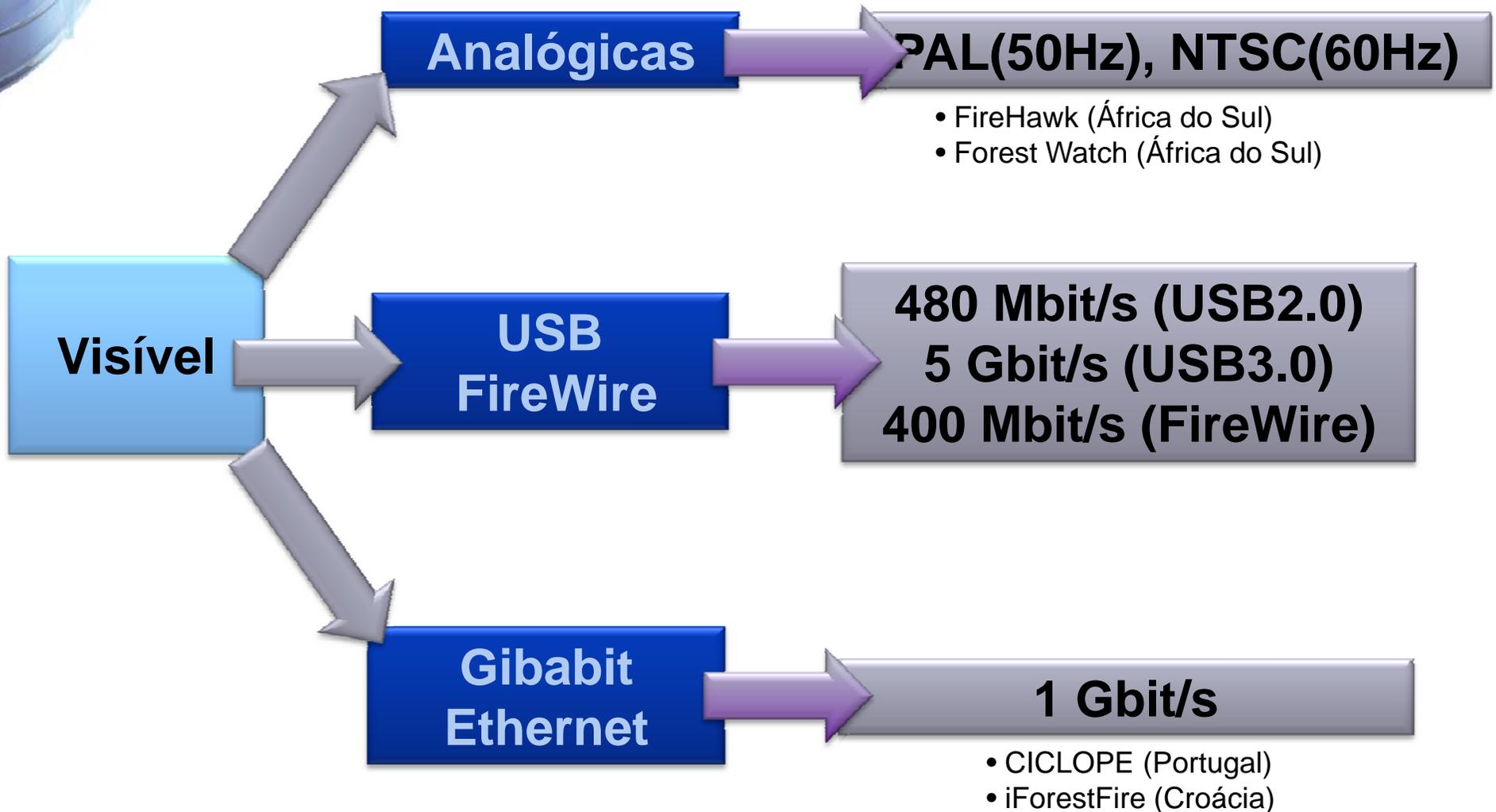
Factor	Adequação	Observações
Alcance	Yellow	15Km.
Área coberta	Green	
Tempo de revisita	Orange	15 minutos.
Eficácia	Yellow	
Capex	Red	10K€ por dispositivo
Outras aplicações	Red	

Visível

Equipamentos

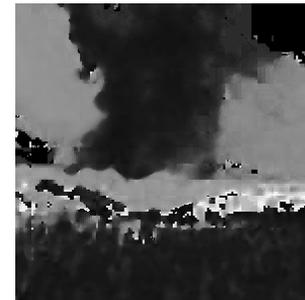
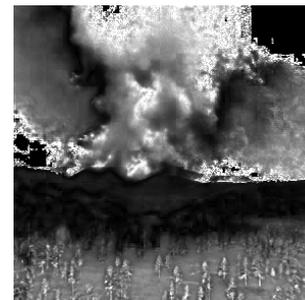


Visível Interfaces

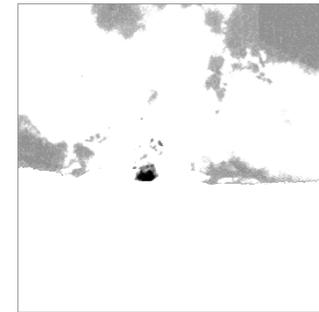
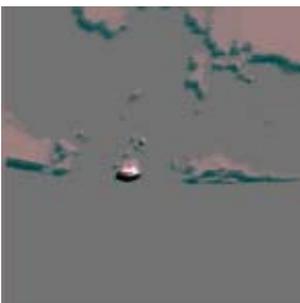


inesc • ino vação

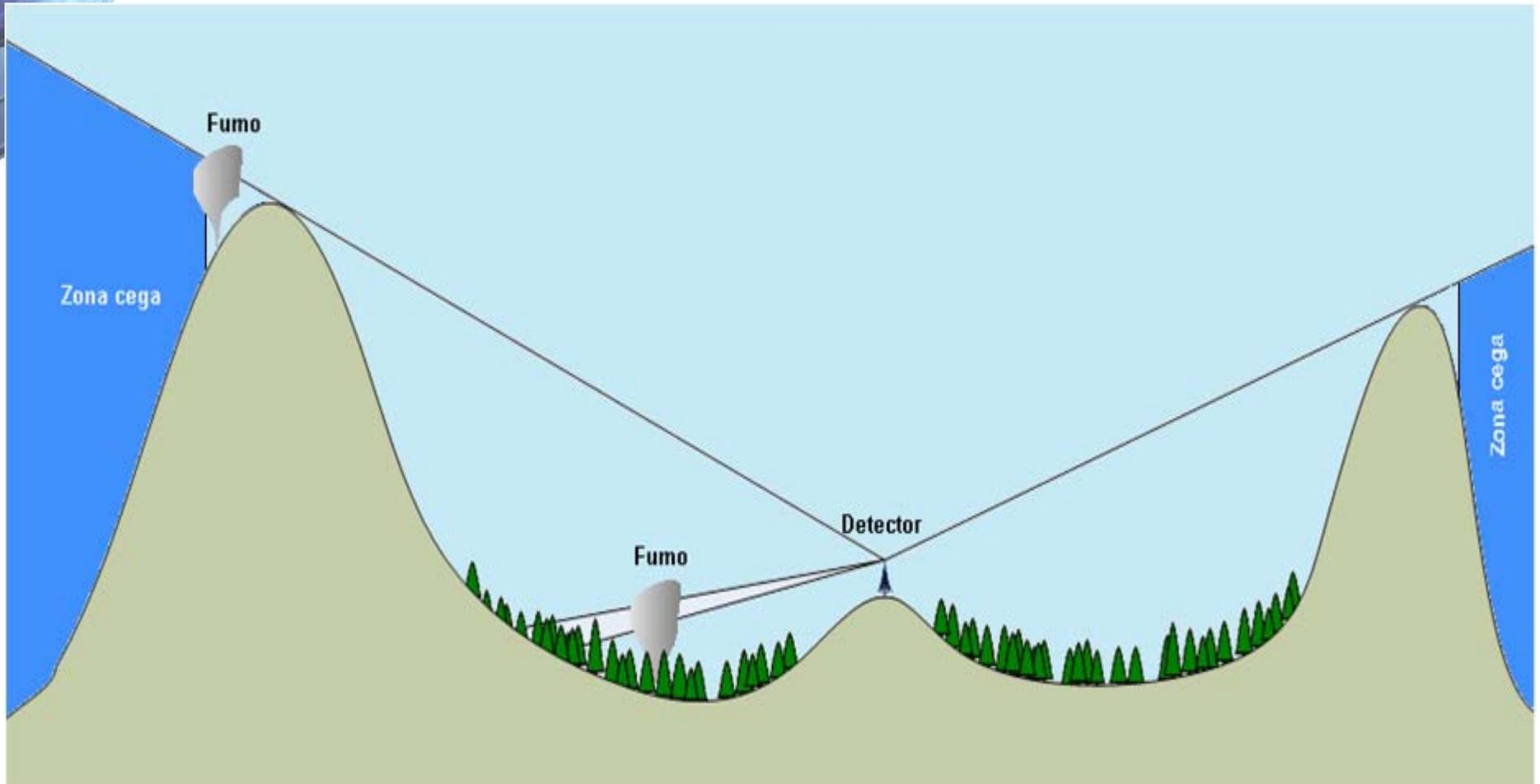
Visível Dia



Visível Noite



Visível



inesc • inovação

Visível

Factor	Adequação	Observações
Alcance	Green	>30Km com boas condições de visibilidade.
Área coberta	Yellow	Limitada de noite à detecção de chama em quasi linha de vista.
Tempo de revisita	Green	3 minutos a 5 minutos.
Eficácia	Green	
Capex	Green	800€ a 2K€ por dispositivo.
Outras aplicações	Green	Acompanhamento de ocorrências. Detecção de intrusão. Vigilância em geral.

Resumo

- Para o acompanhamento das operações de combate, a utilização de câmaras de vídeo (visível e/ou IR) é a solução mais adequada.
- São diversas as tecnologias com potencial de aplicação na detecção electrónica de fogos florestais.
- Nem todas se apresentam como uma alternativa credível ao sistema tradicional de vigilância humana.
- As tecnologias baseadas em câmaras (IR e Visível) de produção industrial, são sem dúvida as mais adequadas à vigilância electrónica da floresta.
- Há que ver a questão no seu todo (Tecnologia + Sistema).
- Analisar a potencialidade da tecnologia para outras aplicações com interesse para a protecção florestal, ou mesmo outras utilizações que permitam mais facilmente rentabilizar o investimento.



Obrigado pela vossa atenção.