

PTC3421 – Instrumentação Industrial

# Temperatura – Parte V

---

V2017A

PROF. R. P. MARQUES

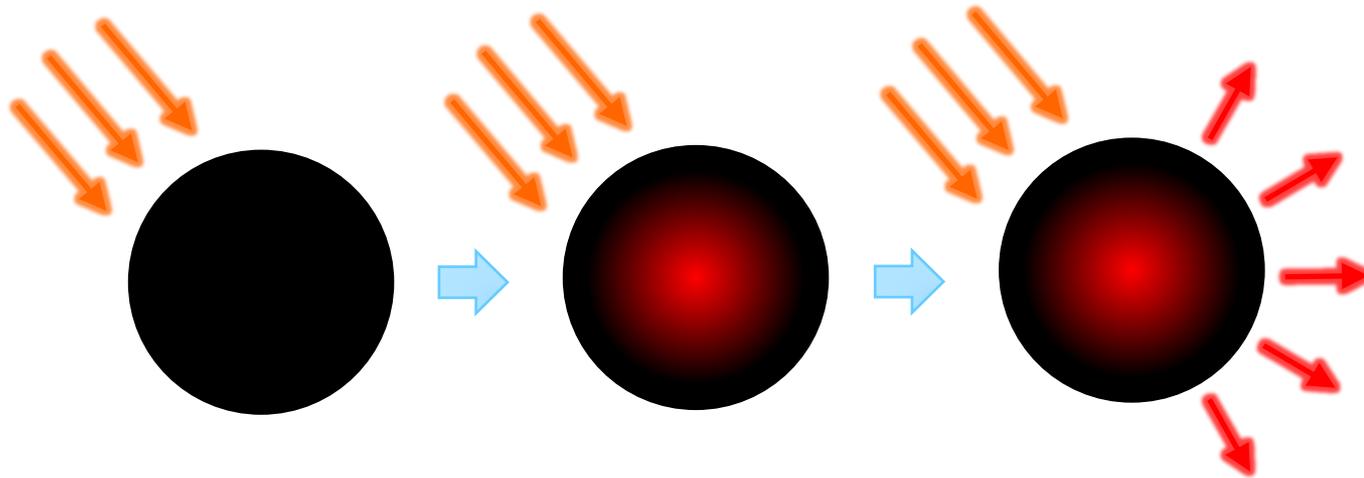
# Corpo negro

---

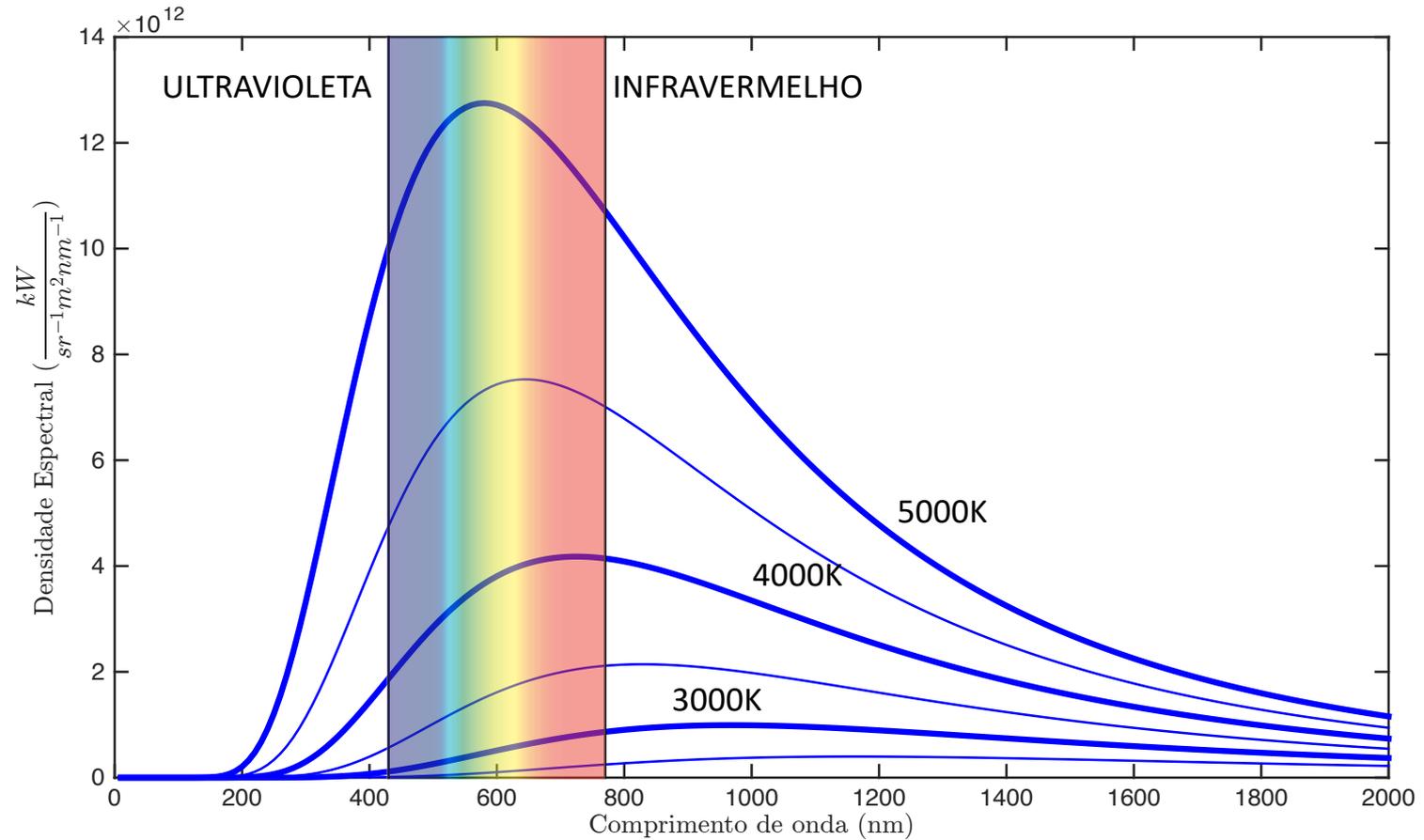
O conceito de corpo negro foi criado por Gustav Kirchhoff em 1860.

Um corpo negro é capaz de absorver toda radiação eletromagnética que incide sobre ele.

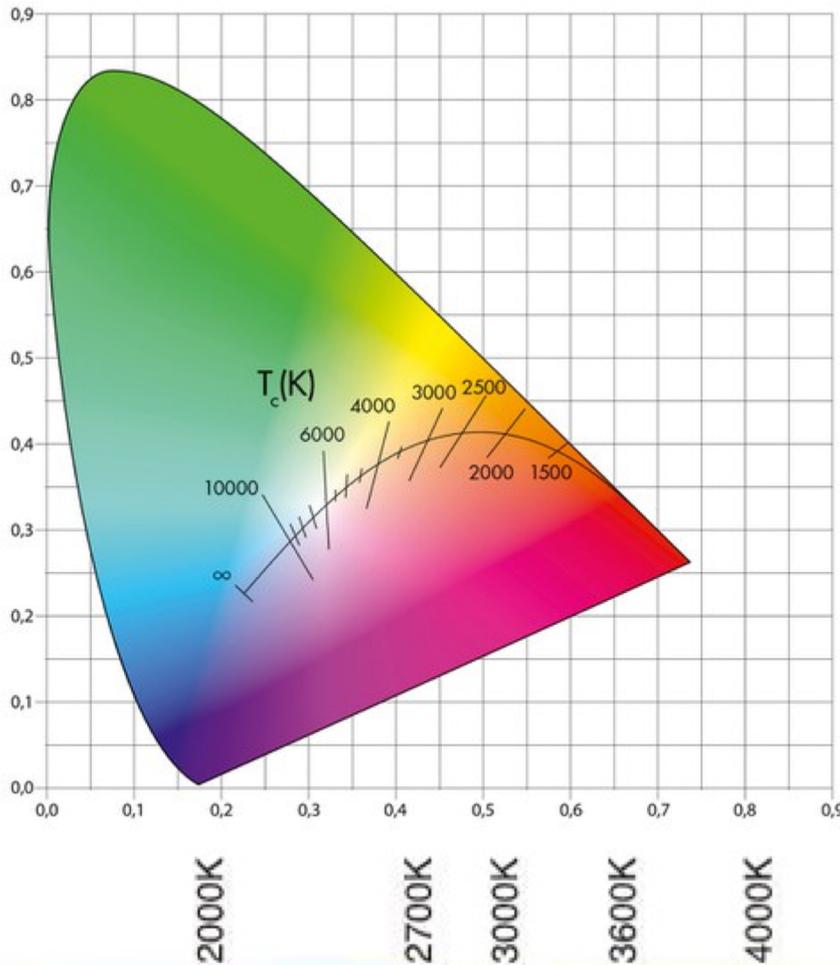
Max Planck demonstrou em 1900 que um corpo negro em equilíbrio térmico (e portanto em temperatura constante) emite radiação eletromagnética com uma dada densidade espectral (definida pela chamada Lei de Planck) que depende apenas de sua temperatura.



# Corpo negro



# Corpo negro



Corpos negros não são da cor negra.

A cor visual de um corpo negro é uma função apenas de sua temperatura.

O par ( temperatura (K) / cor ) para um corpo negro é denominado

## TEMPERATURA DE COR



# Corpo negro

---

Corpos negros são emissores ideais. Sua emissão térmica em qualquer frequência é maior ou igual à de qualquer outro corpo à mesma temperatura. A eles é atribuída uma medida de emissividade  $\varepsilon = 1$ .

Em oposição aos corpos negros, os chamados **corpos brancos** refletem toda a radiação eletromagnética incidente. A eles é atribuída uma medida de emissividade  $\varepsilon = 0$ .

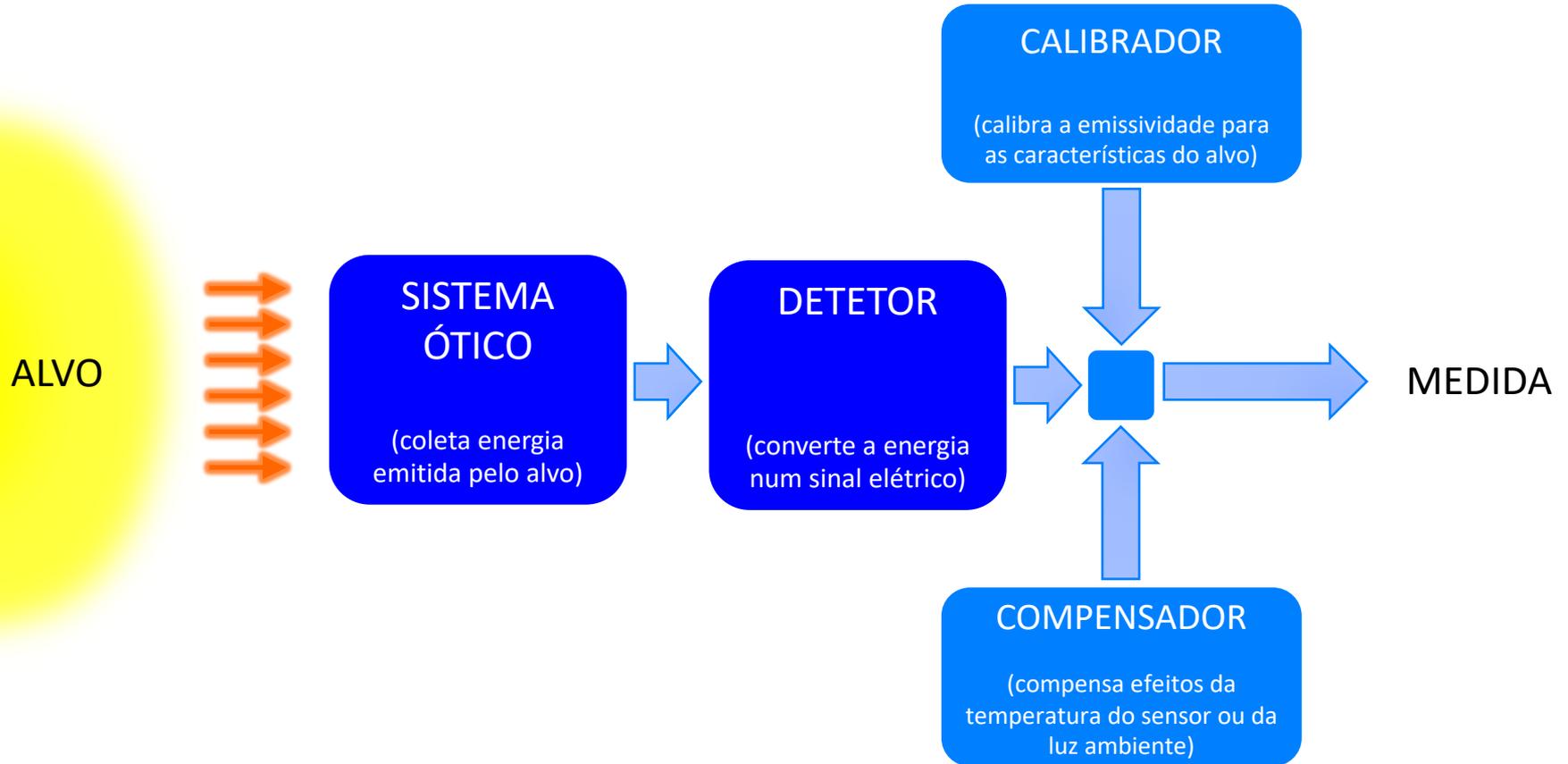
Corpos que emitem uma fração constante da energia incidente em relação à emitida por um corpo negro para todas as frequências são chamados **corpos cinzas**, com  $0 < \varepsilon < 1$ .

Corpos cuja emissão não é dada por uma fração constante da emissão de um corpo negro em cada frequência são chamados **corpos não cinza**.

Termômetros de radiação exploram essas características para obter medidas de temperatura sem contato físico.

# Termômetros de radiação

Um termômetro de radiação tem o seguinte esquema



# Termômetros de radiação

---

Os tipos de termômetros de radiação de uso industrial, frequentemente chamados **pirômetros**, são os seguintes:

Banda estreita: Pirômetros óticos (pirômetros de filamento)

Pirômetros infravermelhos

Duplo comprimento de onda

Múltiplos comprimentos de onda

Câmeras termográficas

# Pirômetros óticos

---

Os pirômetros óticos comparam a emissão luminosa de um alvo cuja temperatura se deseja medir com a de um filamento incandescente.

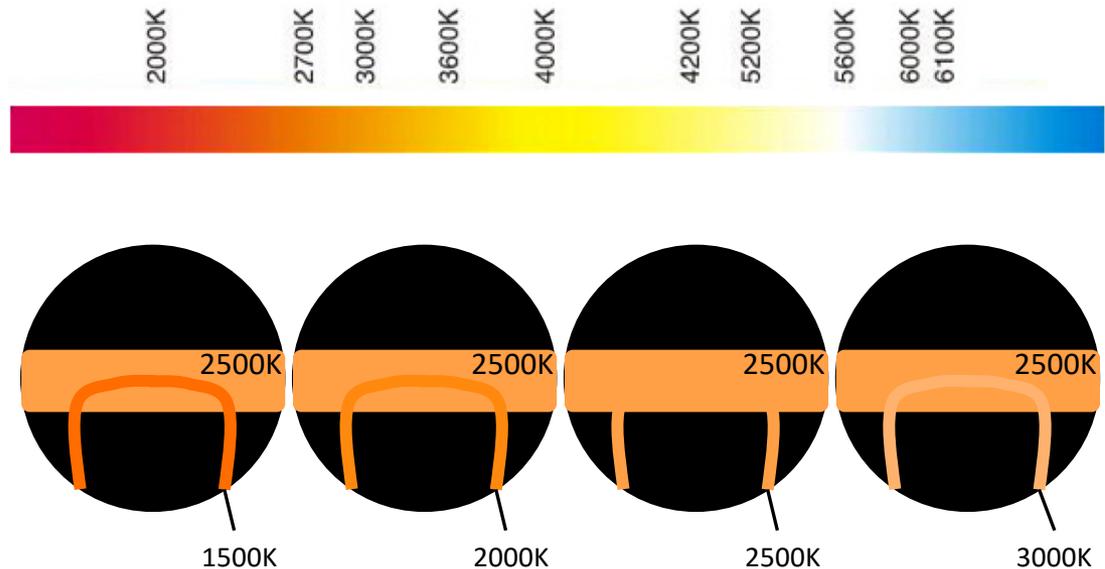
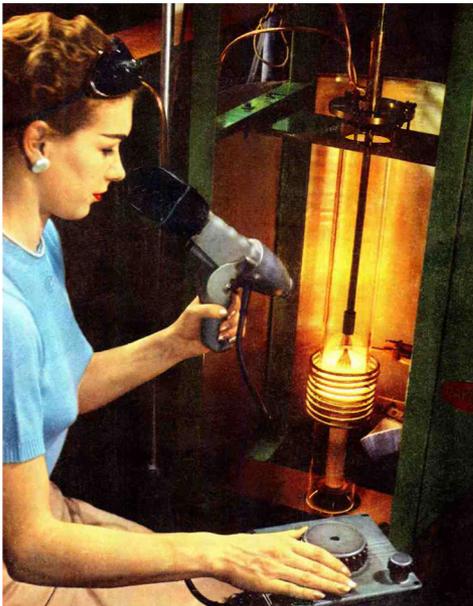
Como é necessário que o alvo seja incandescente, eles somente podem ser utilizados para medir altíssimas temperaturas, usualmente acima de 750°C.

Hoje em dia os pirômetros óticos são encontrados somente em aplicações de nicho (siderurgia, metalurgia, vidraria, etc.).

# Pirômetro de filamento evanescente

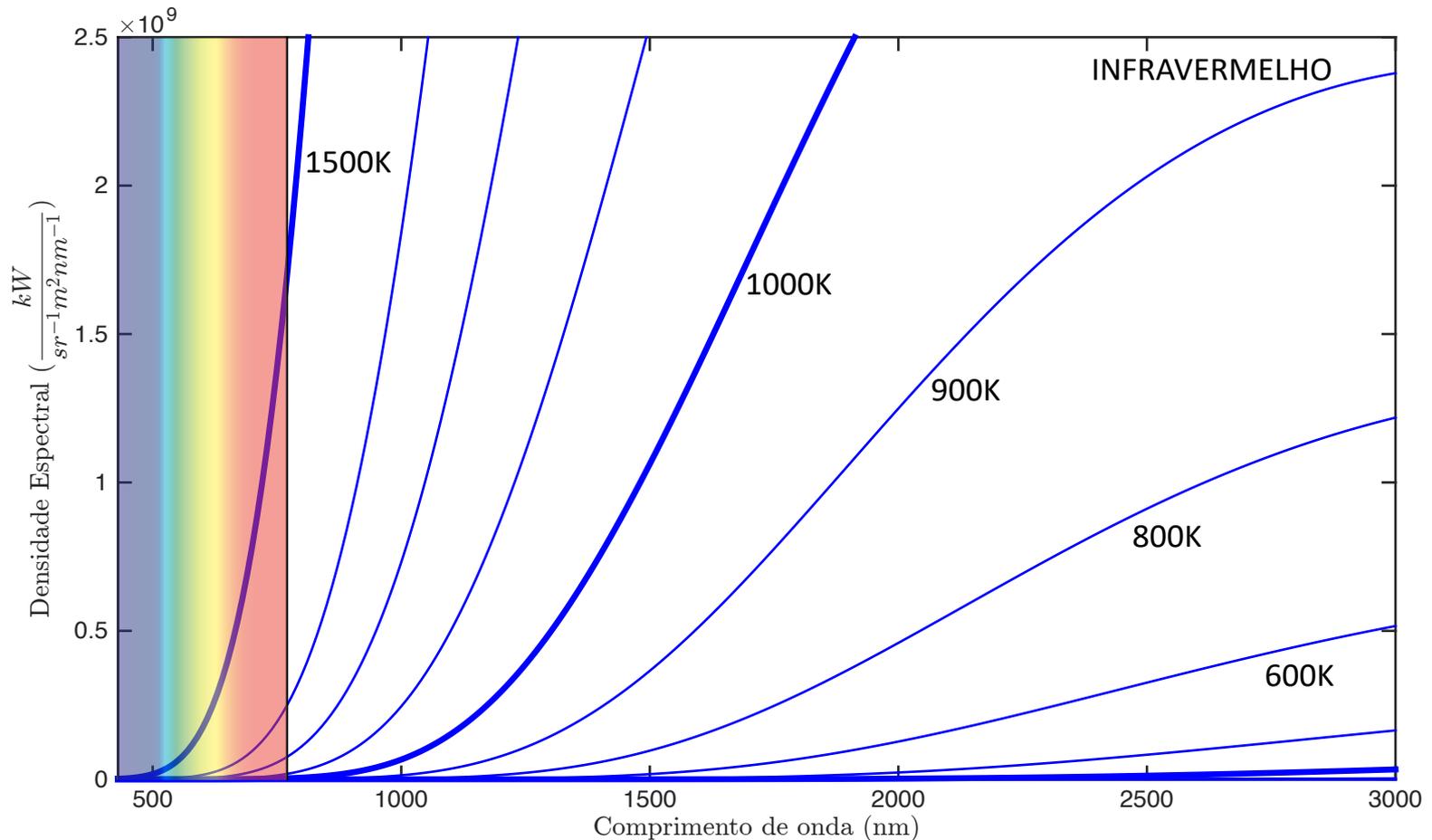
O pirômetro de filamento evanescente (1901) foi o primeiro dispositivo capaz de medir a temperatura de objetos em altíssima temperatura, tais como metal derretido.

O dispositivo consiste de uma luneta com um filamento no plano ótico. Ao se variar a corrente que circula no filamento ele se torna incandescente. Quando a sua cor se tornar igual à do objeto incandescente observado, ele desaparece do campo de visão e determina-se sua temperatura. A precisão atingida é da ordem de 2%.



# Pirômetros infravermelhos

Seja novamente o espectro de emissão de um corpo negro.



# Pirômetros infravermelhos

---

Pode-se notar que a emissão energética, especialmente para temperaturas mais baixas, é muito mais pronunciada na porção infravermelho do espectro.

De fato os corpos emitem calor de forma perceptível muito antes de emitirem luz conforme se aumenta a temperatura.

Sensores que operam em infravermelho são capazes de medir desde temperaturas negativas até temperaturas positivas de milhares de graus. A escolha da frequência permite adequar o instrumento a diferentes faixas de temperatura (comprimento de onda maior para temperaturas mais baixas e vice-versa).



# Pirômetros de duplo comprimento de onda

---

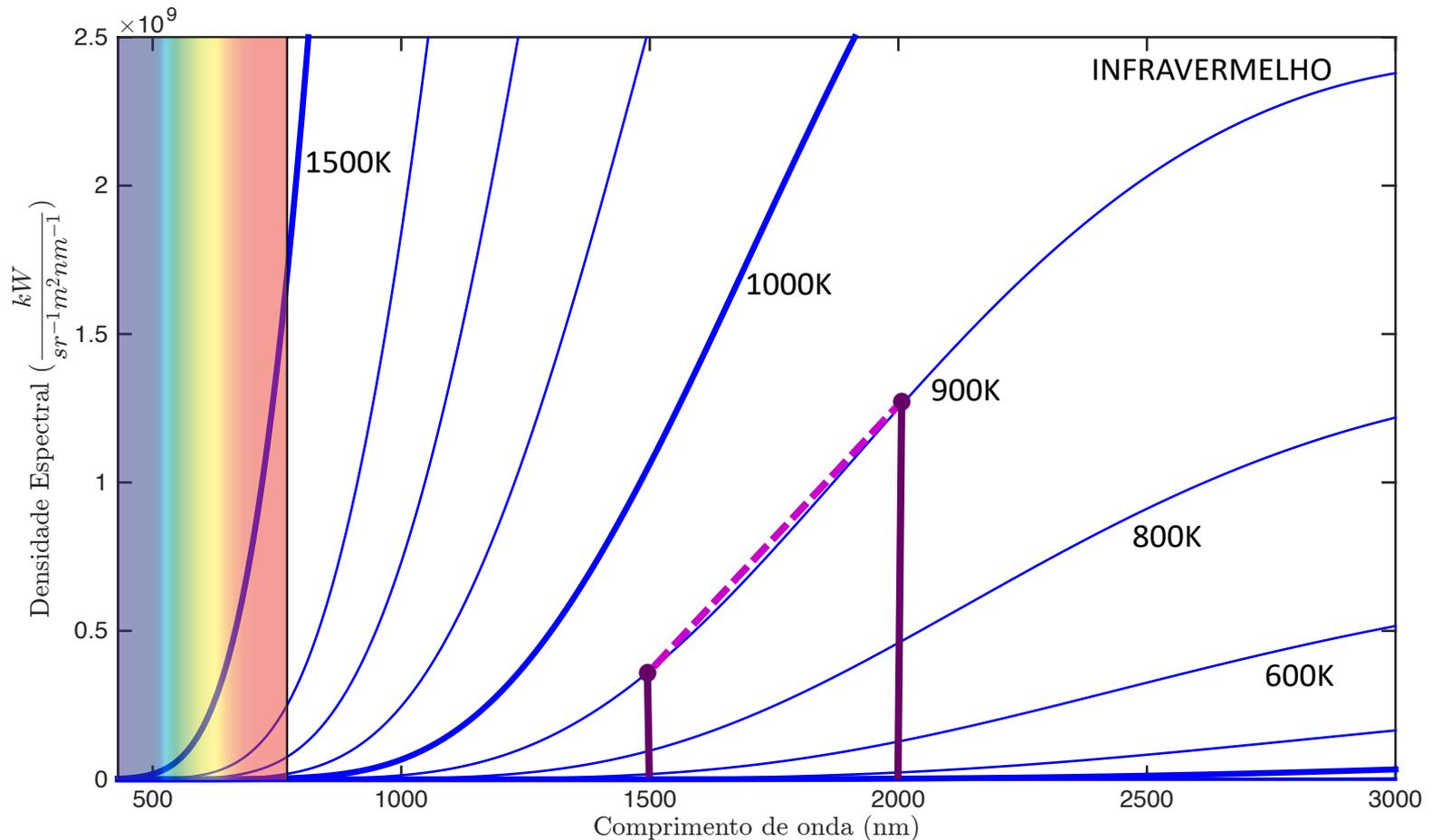
Os pirômetros convencionais operam em apenas um comprimento de onda.

Os pirômetros de duplo comprimento de onda medem as emissões em dois comprimentos de onda e determinam a razão entre elas para maior precisão.

Os pirômetros de duplo comprimento de onda às vezes são chamados de **pirômetros de duas cores** (mesmo que operem na região do infravermelho).

# Pirômetros de duplo comprimento de onda

A razão entre as emissões determina a temperatura.



# Pirômetros de múltiplos comprimentos de onda

---

Um ponto comum tanto aos pirômetros convencionais como aos pirômetros de duplo comprimento de onda é que eles assumem que a emissão é proveniente de um corpo negro ou cinza.

De fato, muitos materiais de interesse industrial são corpos não cinza e seus espectros de emissão são bastante particulares. Exemplos incluem Alumínio, Magnésio, Aço Inoxidável, Latão, Cobre, Bronze e Zinco.

Pirômetros de múltiplos comprimentos de onda coletam a emissão em vários comprimentos de onda determinando o espectro de emissão e o comparam com padrões diversos para aumentar a precisão da medida.

São instrumentos sofisticados com precisão da ordem de 0,25%.

# Pirômetros de múltiplos comprimentos de onda

---



# Câmeras termográficas

---

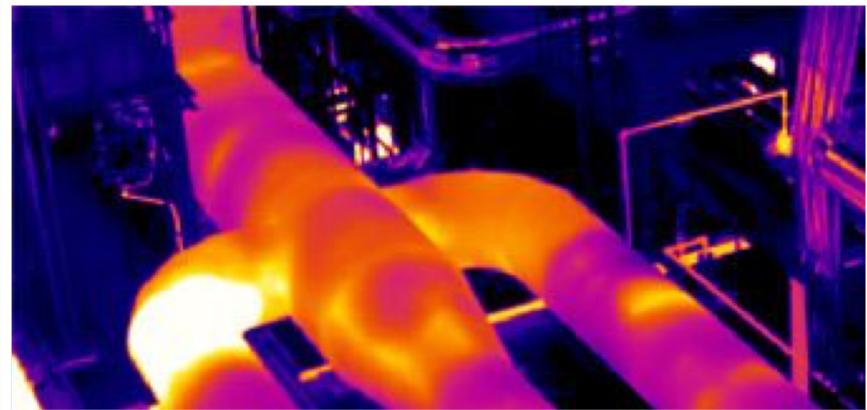
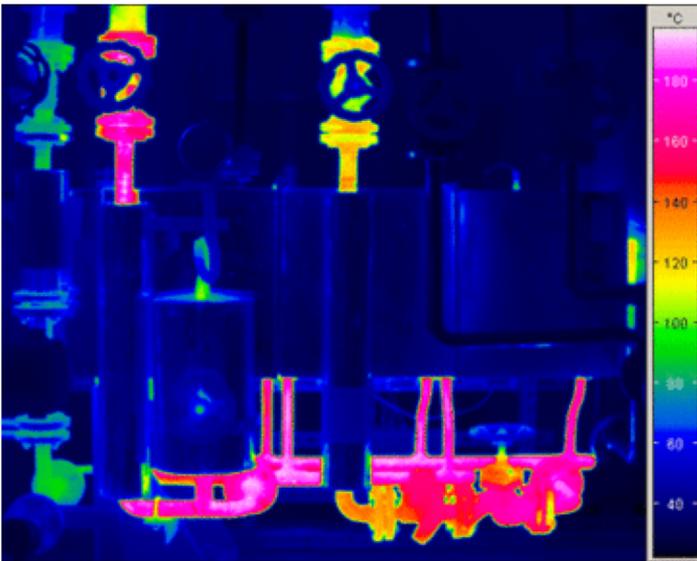
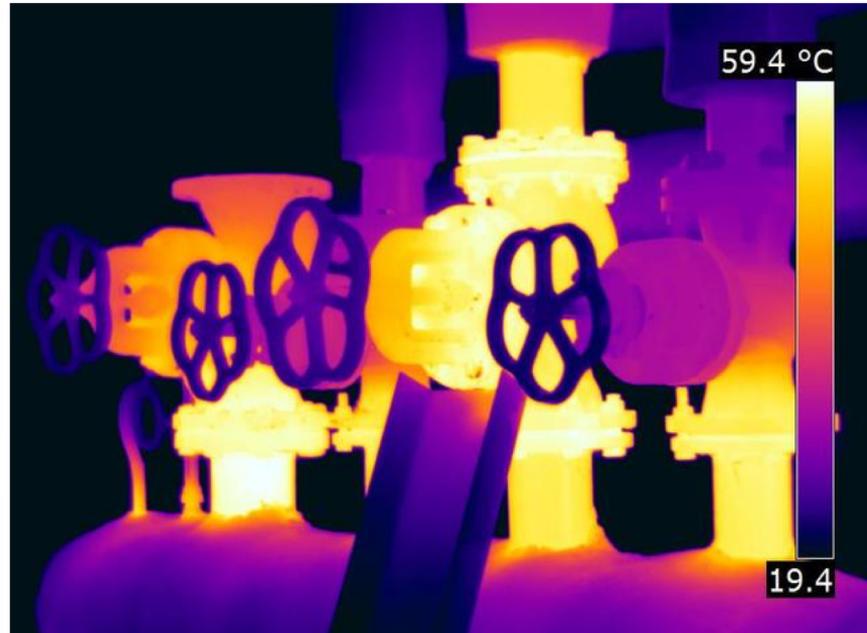
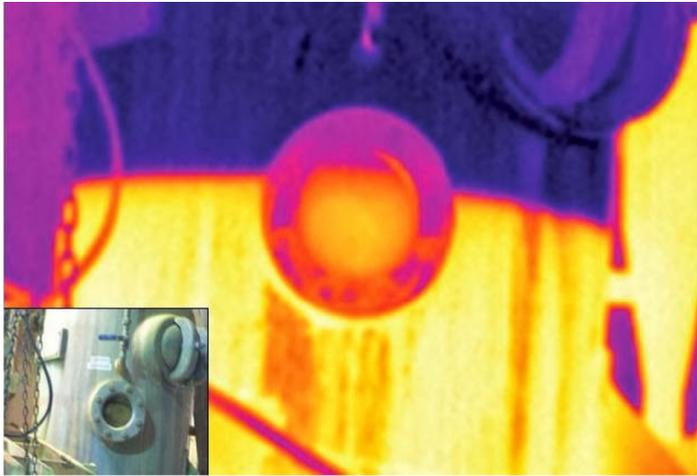
Câmeras termográficas são dispositivos similares a câmeras comuns, que ao invés de operarem no espectro visível (430nm a 770nm) operam na faixa do infravermelho.

As imagens produzidas são usualmente apresentadas com as cores representando as temperaturas superficiais dos corpos observados.

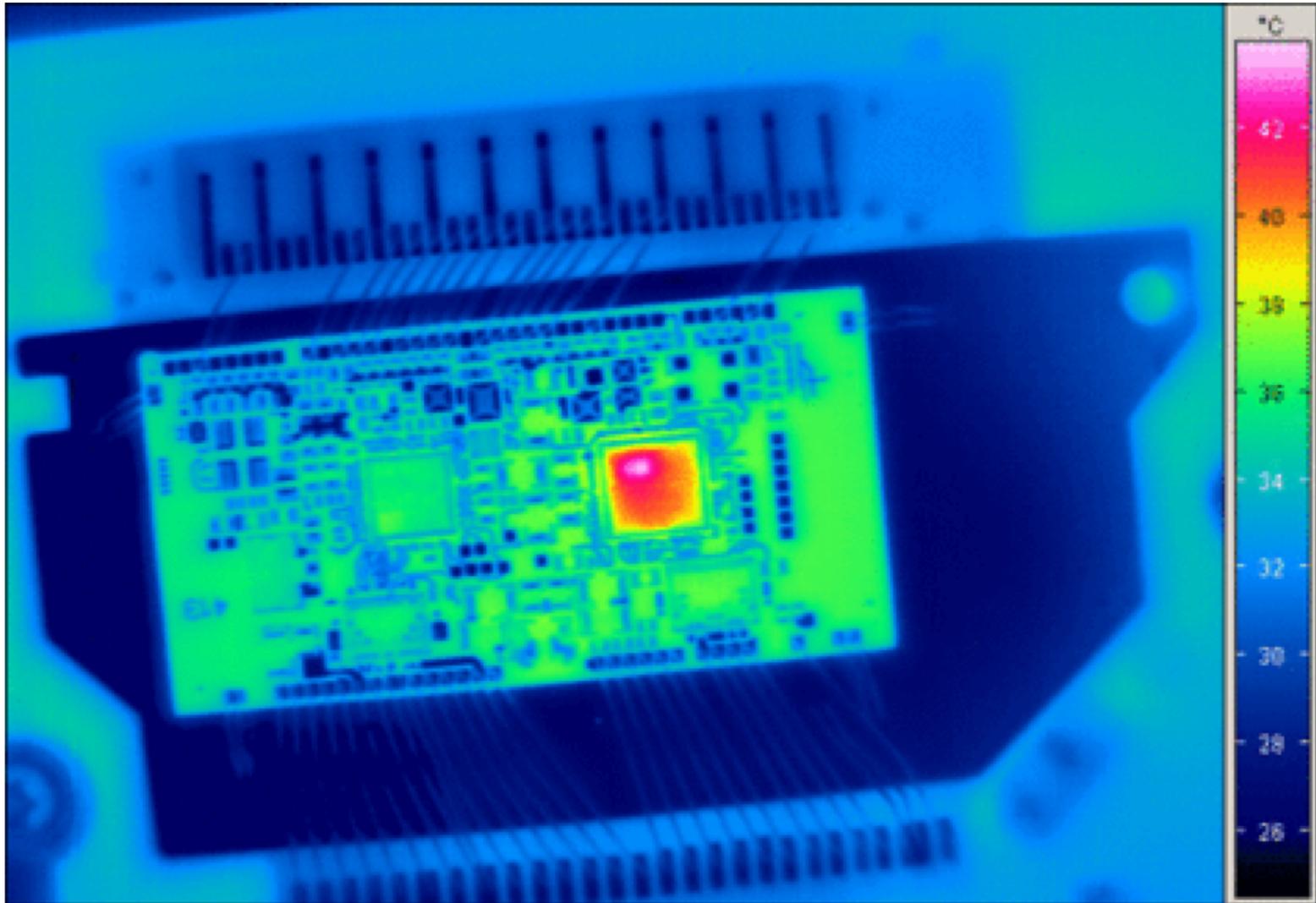
São bastante usadas para detectar e monitorar pontos quentes (ou frios) em instalações industriais



# Câmeras termográficas



# Câmeras termográficas



# Câmeras termográficas

