



COORDINATED BY
INESCPORTO
PORTUGAL



U. PORTO

FC FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO



Sensor de gás para aplicações ambientais

Elementos do Grupo:

Maurício Quintela	(EB 2,3/S de Caminha)
Tiago Grosso	(Externato Delfim Ferreira)
Cátia Raposo	(IDF – São Tomé e Príncipe)
Diana Gonçalves	(ES Carlos Amarante)
Patrick Mills	(ES Carlos Amarante)

Monitor:

Joel Pedro Carvalho

Sumário

- Motivação
- Fibra óptica
 - Principio de funcionamento
 - Aplicações na área dos sensores
- Características espectrais dos gases
- Monitorização Ambiental
 - Medições por Absorção Directa
 - Espectroscopia por modulação de λ
- Conclusões

Motivação

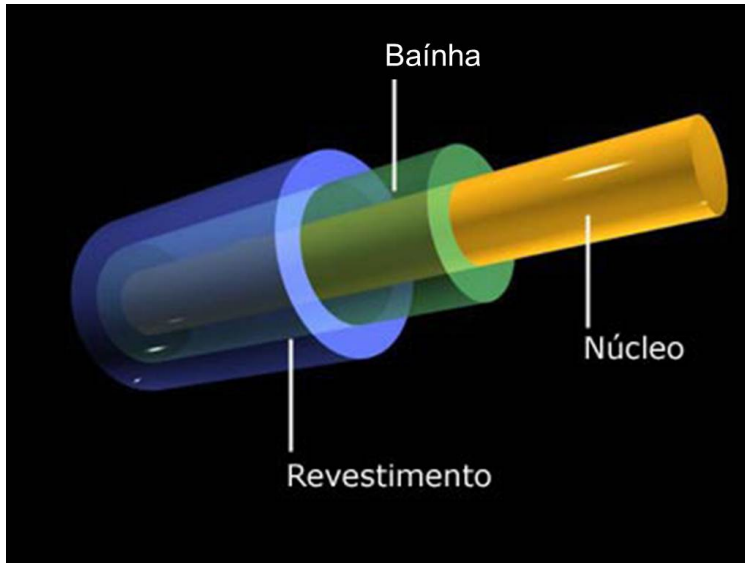
- Aquecimento global motivado pelos gases de estufa como CO_2 e CH_4 entre outros;
- Toxicidade do CH_4 ;
- Alta volatilidade do CH_4 .



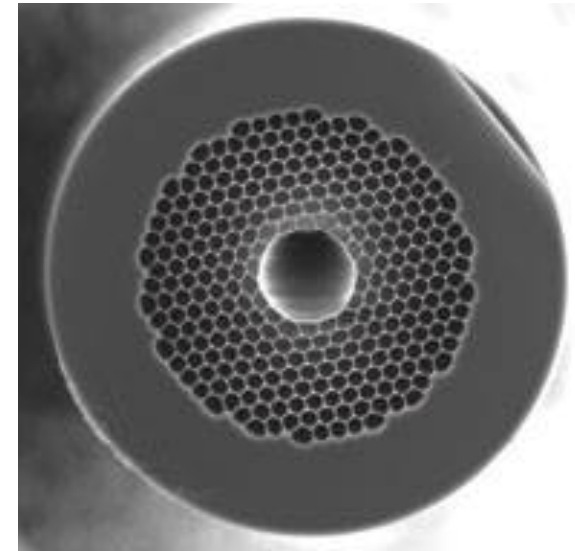
CH_4 potencia o efeito estufa 20 vezes mais que o CO_2



Fibra Óptica



Standard

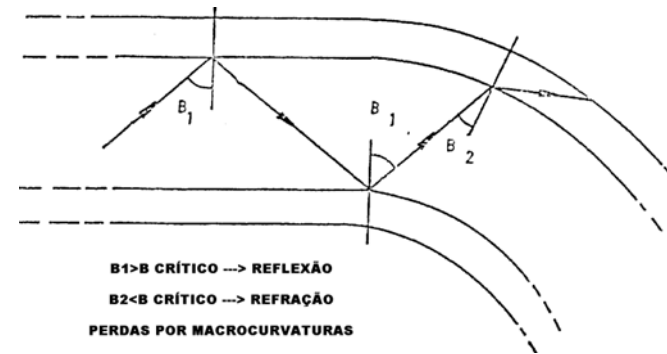
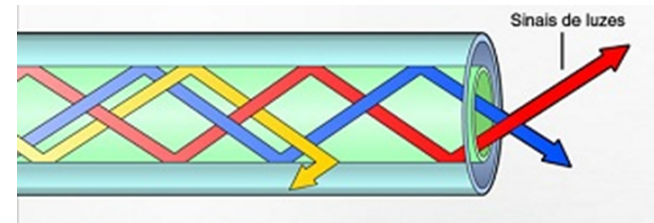
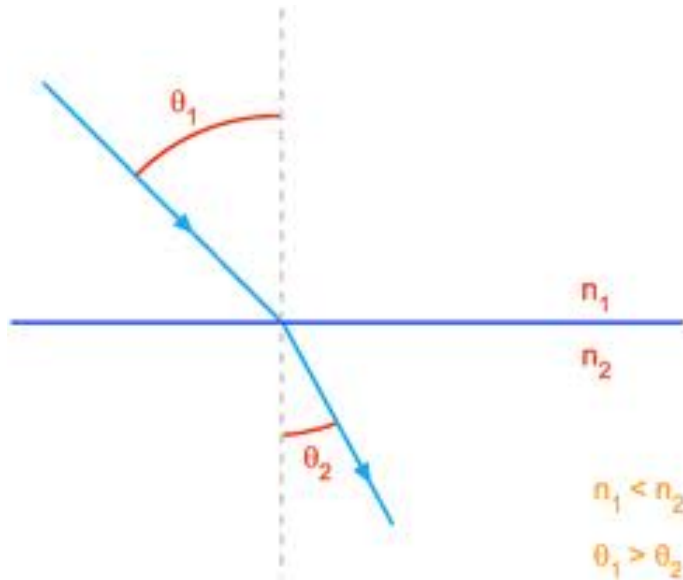


Hollow-Core

Lei de Snell-Descartes

Reflexão Interna Total

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$



Sensores em Fibra Óptica

Vantagens

- Leves
- Tamanho reduzido
- Integridade do sinal
 - Imune a interferência eletromagnética
 - Imune a interferência das rádio frequências
- Multiplexagem
- Multifuncionalidade
- Transmissão a longa distância

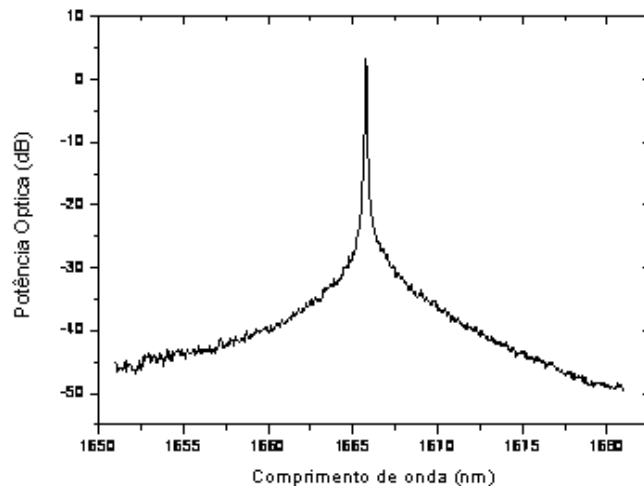
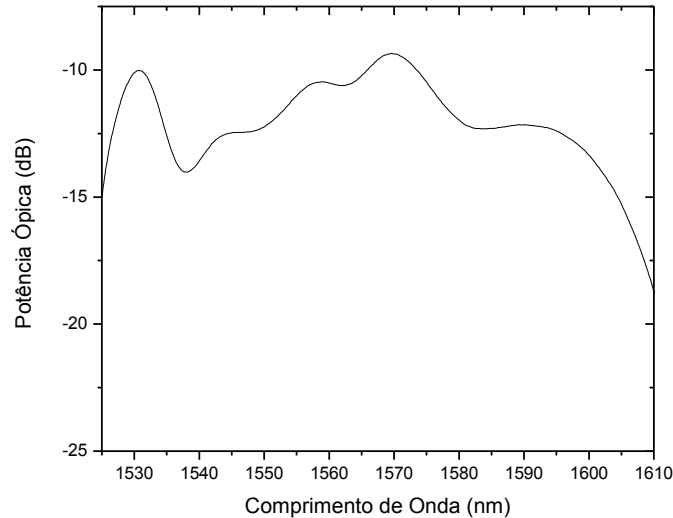
Fontes Ópticas

Fontes de espectro largo

- É uma fonte de luz policromática que emite numa larga zona do espectro.

Exemplos:

- LED
- Amplificadores de fibra dopada
- SLD



Laser

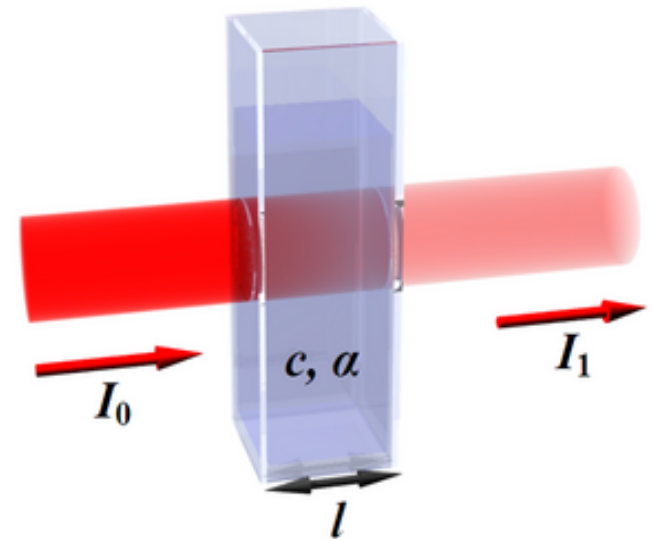
- dispositivo que produz uma radiação (feixe de luz) com características muito específicas:
 - **Monocromático**
(comprimento de onda bem definido)
 - **Coerente**
(organizada, frentes de onda simultâneas)
 - **Colimada**
(feixe intenso, concentrado, direccional)

Lei de Beer-Lambert

A lei de Beer-Lambert, é uma relação empírica que relaciona a absorção de luz com as propriedades do material atravessado por esta.

Num meio gasoso a quantidade de luz absorvida num dado comprimento de onda será proporcional à concentração de gás nesse meio.

$$A = -\log \frac{I_1}{I_0} \quad \frac{I_1}{I_0} = e^{-\alpha lc}$$
$$A = \alpha lc$$



A – absorvância

α – coeficiente de absorção do gás

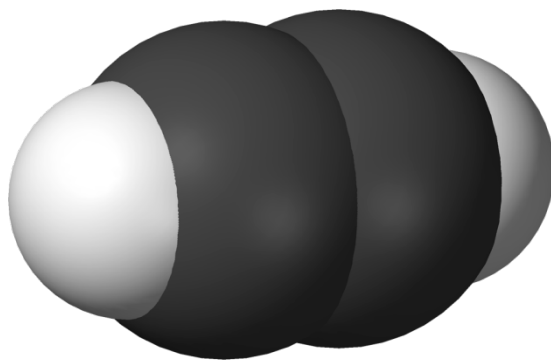
c – concentração da espécie de gás

l – espaço de interacção luz-gás

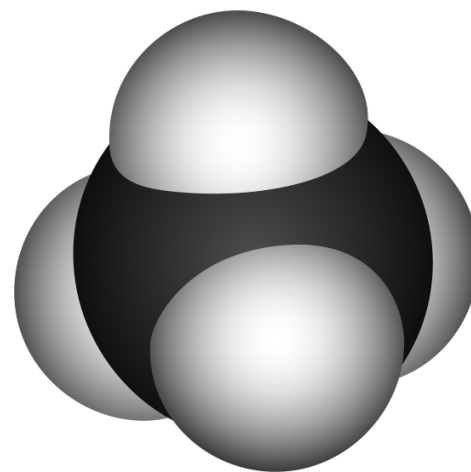
Características dos Gases

Cada gás possui um espectro de absorção específico.

Este é como uma “impressão digital”, pois não existem dois gases com as mesmas características de absorção espectral.



Acetileno – C_2H_2



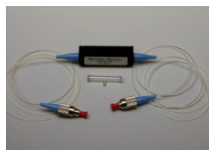
Metano – CH_4

“Impressão Digital”

Laser Sintonizável



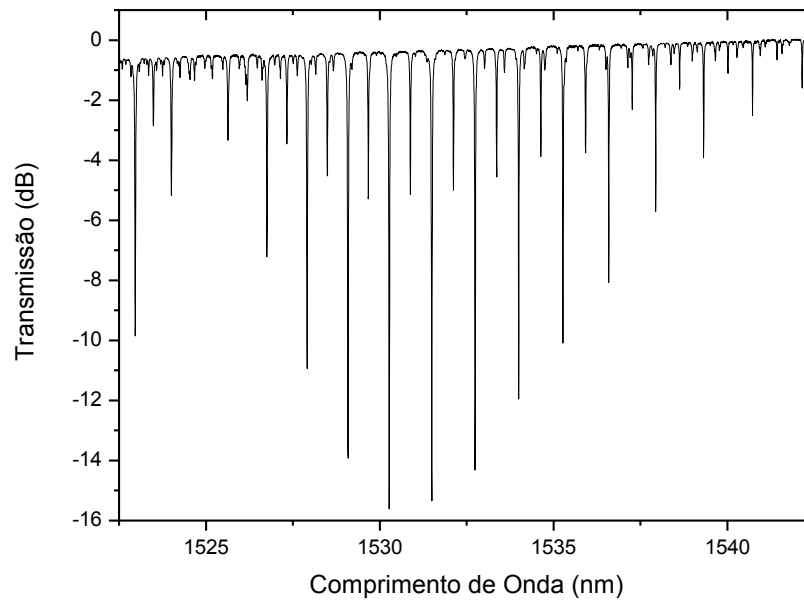
Célula de gás
(100% acetileno)



Fotodetector



Molécula de Acetileno



Espectroscopia de Absorção Directa



Laser



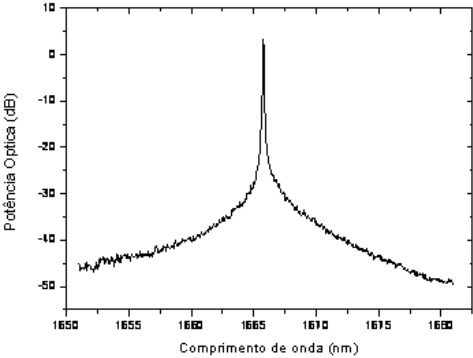
Câmara de gás (CH₄)



Fotodetector



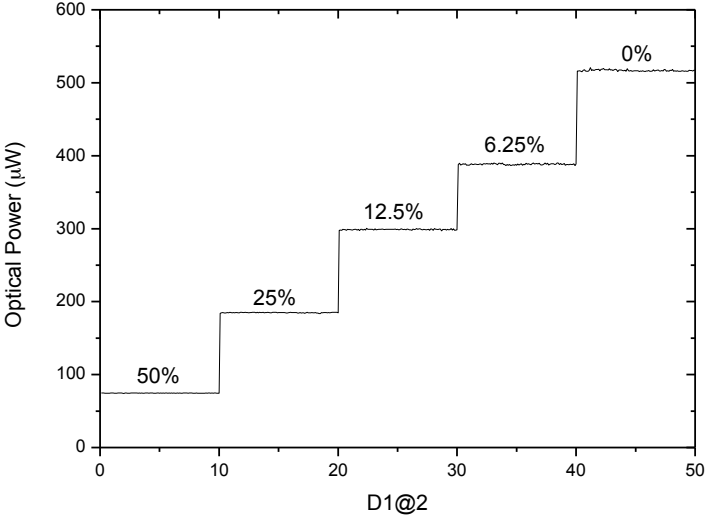
Computador



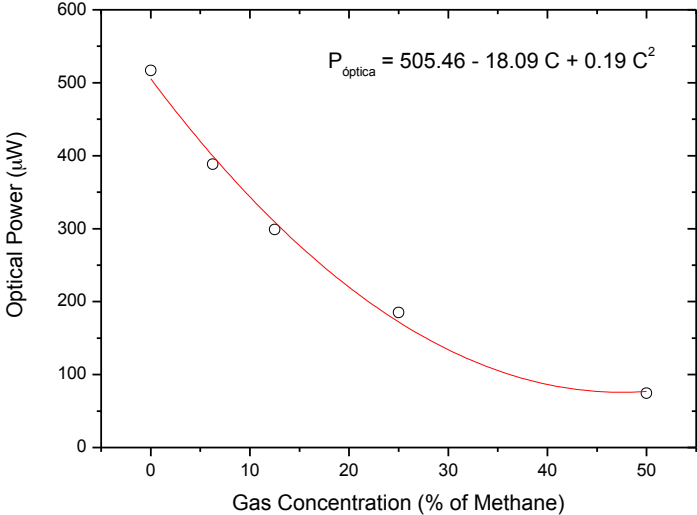
Cabeça Sensora

Espectroscopia de Absorção Directa

Resposta do sistema face às variações de concentração de metano



Curva de calibração do sistema face às variações de concentração de metano



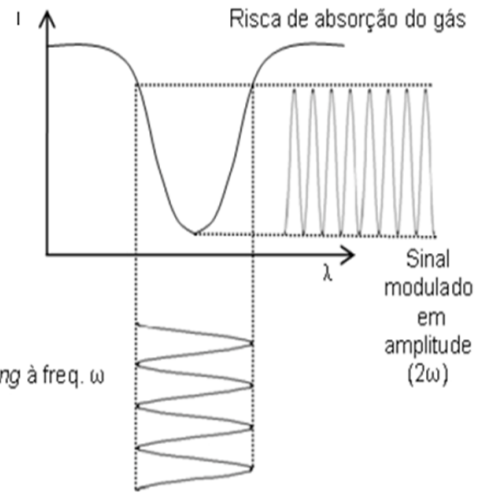
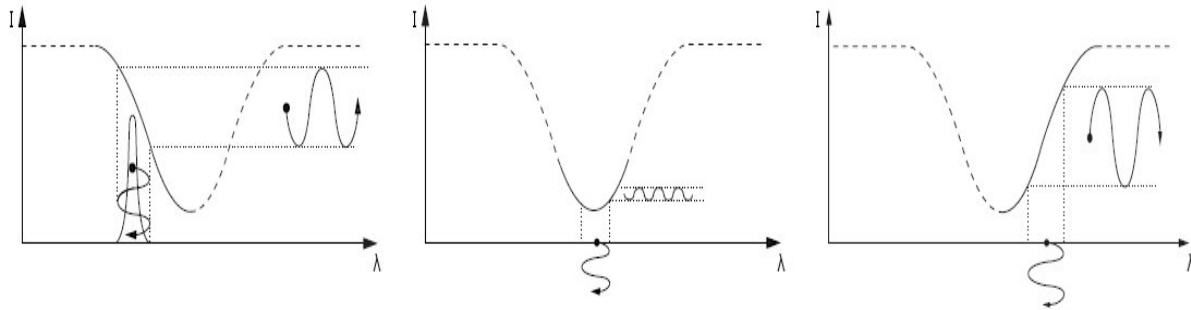
Cálculo do limite de detecção

$$500000 \text{ ppm} / \Delta \downarrow 0\% - 50\% / \delta \downarrow \text{máx}} = 1183 \text{ ppm}$$

Limite de detecção do sensor
1183 ppm



Espectroscopia por modulação do comprimento de onda (λ)

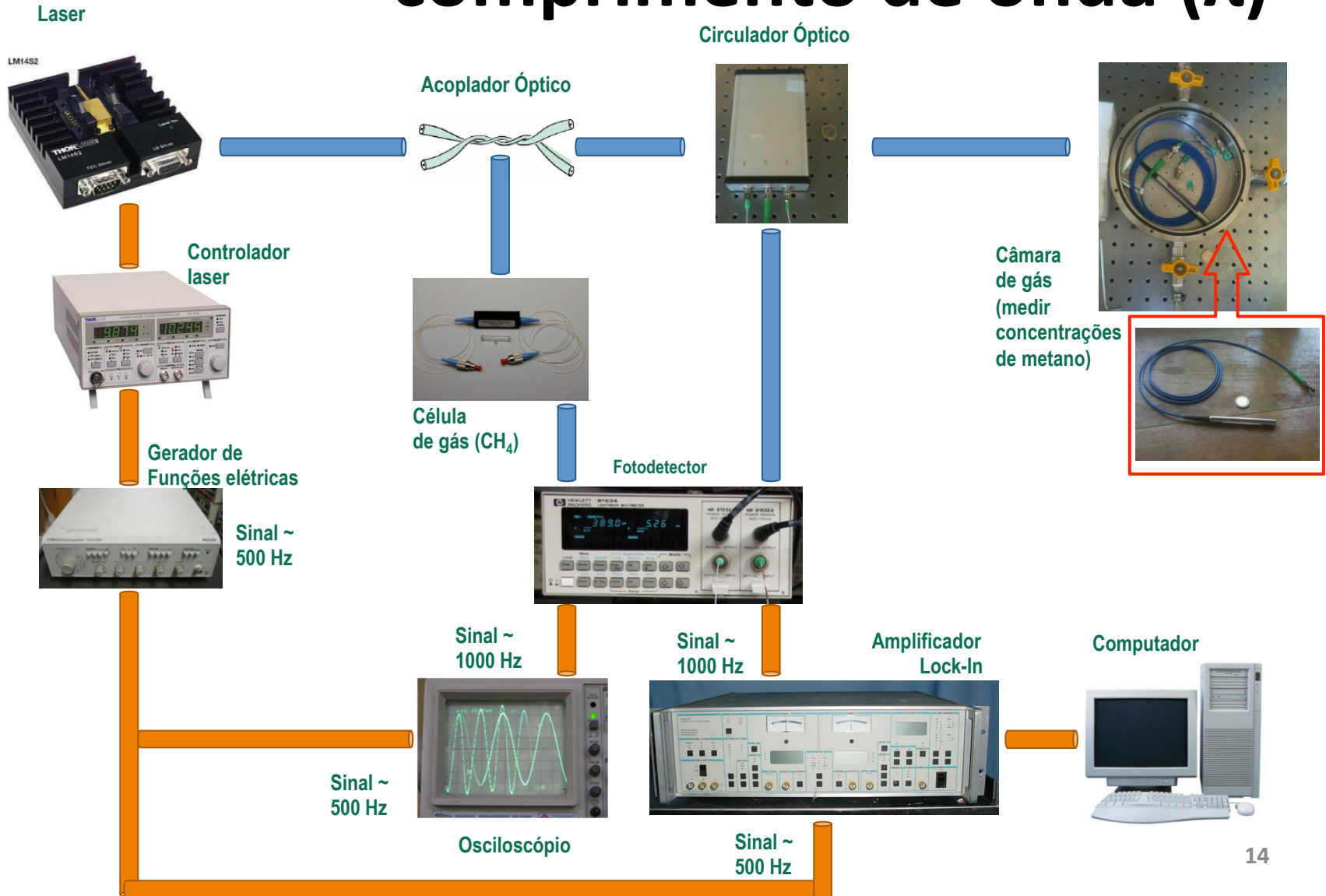


Lock-In

É um amplificador síncrono que mede os valores eficazes de sinais com muito ruído sobreposto

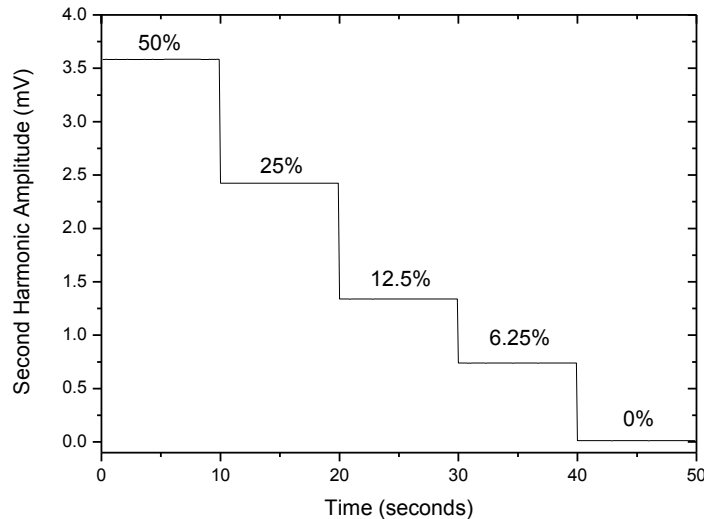
Por meio do amplificador Lock-In monitorizámos a amplitude do sinal com a frequência duplicada, que é proporcional à concentração de gás.

Espectroscopia por modulação do comprimento de onda (λ)

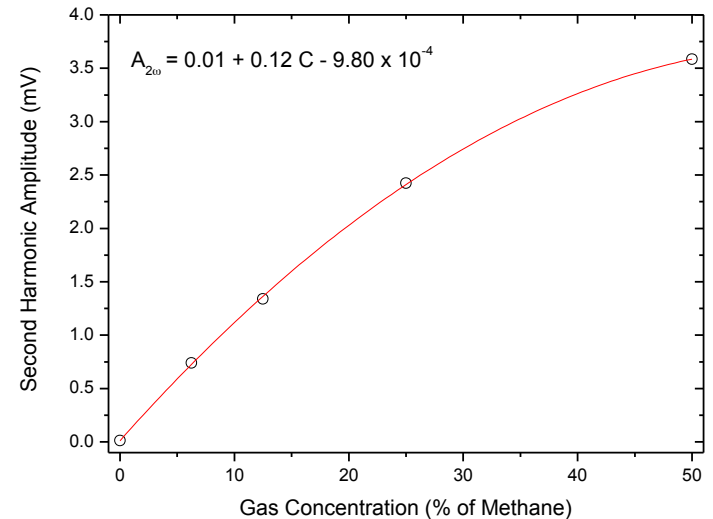


Espectroscopia por modulação do comprimento de onda (λ)

Resposta do sistema face às variações de concentração de metano



Curva de calibração do sistema face às variações de concentração de metano



Cálculo do limite de detecção

$$500000 \text{ ppm} / \Delta \downarrow 0\% - 50\% / \delta \downarrow \text{máx}} = 88 \text{ ppm}$$

Limite de detecção do sensor
88 ppm

Conclusões

- A fibra óptica, para além das comunicações, tem um largo leque de aplicações na área dos sensores sendo uma delas a detecção de gases.
- A espectroscopia de absorção directa é um método possível para medição de concentração de espécies de gás mas não a mais eficaz (na nossa experiencia laboratorial obtivemos uma sensibilidade de 1183 ppm)
- A espectroscopia por modulação de comprimento de onda apresenta-se como uma técnica mais robusta, precisa, i.e. capaz de detectar baixíssimas concentrações de metano (na nossa experiencia laboratorial atingimos um limite de detecção de 88 ppm).
- Este sistema de detecção é extremamente versátil, pode operar para qualquer outro tipo de gás, bastando para isso utilizar um laser que emita numa das suas linhas de absorção e uma célula de calibração com o gás que pretendemos sensorizar.

Agradecimentos

- Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
- Unidade de Optoelectronica e Sistemas Electrónicos do INESC TEC, Laboratório Associado

Muito Obrigado!