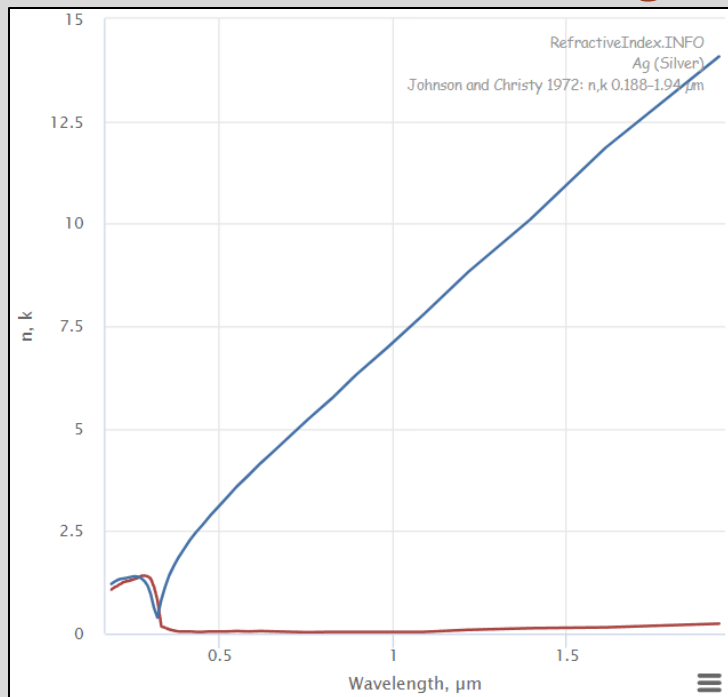


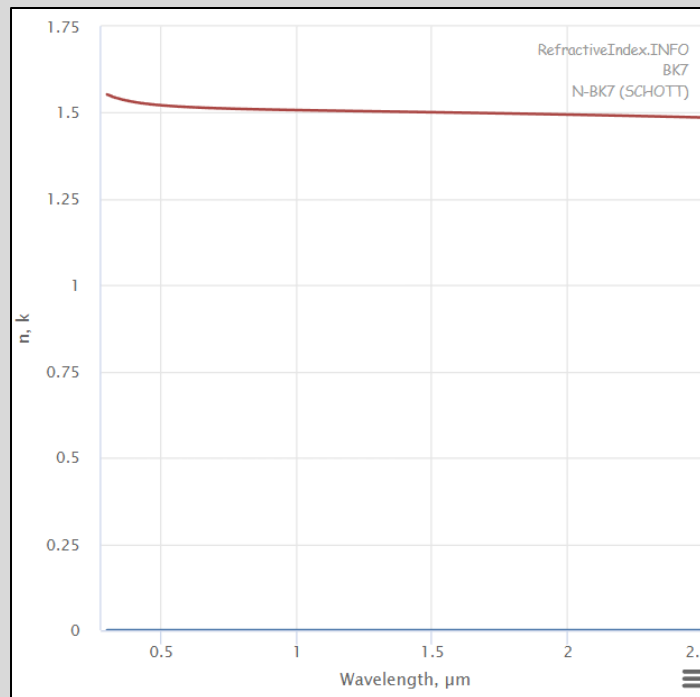
Refração e reflexão total

Os metais têm índice de refração menor que 1 e complexo.

Dados de n e k da Prata (Ag)



Dados de n e k do vidro (BK7)

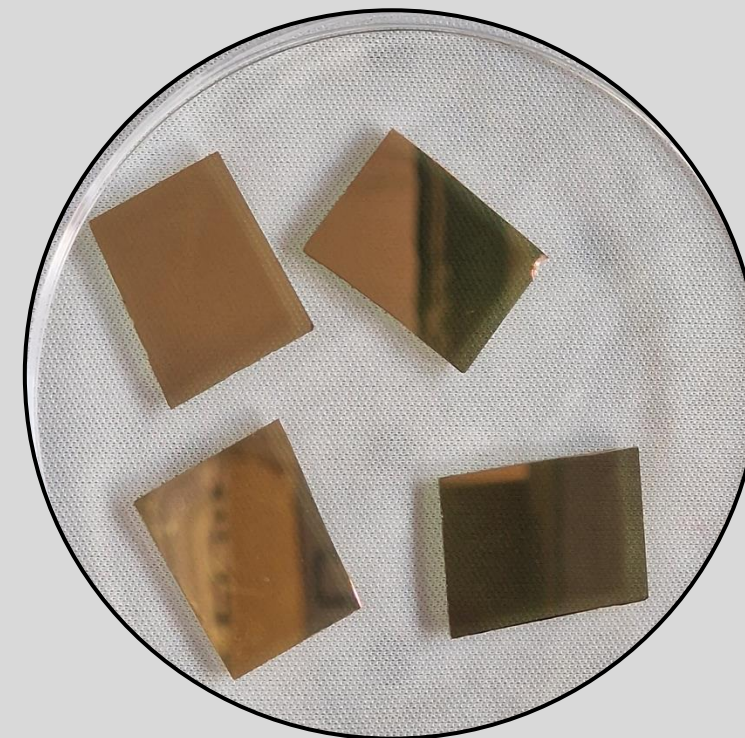


$$\tilde{n} = n + ik$$

n : índice de refração
 k : coeficiente de extinção

Ressonância de Plasmões de Superfície

Projetos – Escola de Verão de Física 2024

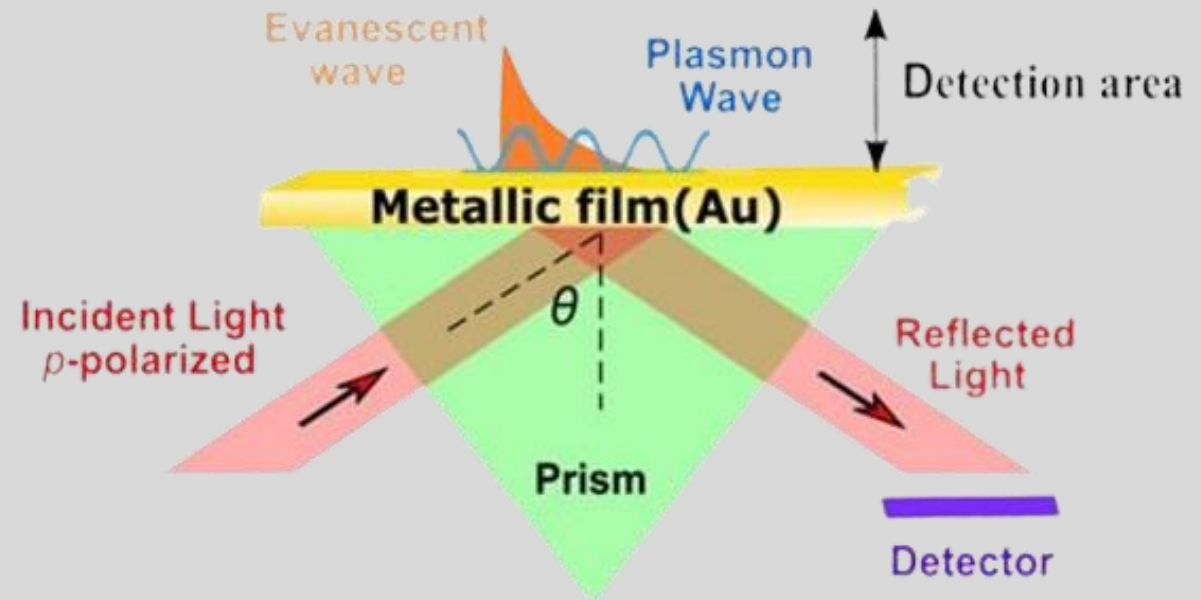


Alunos: David Vieira, Guilherme Borges, Henrique Gonçalves, José Conceição

Monitor: Miguel Almeida

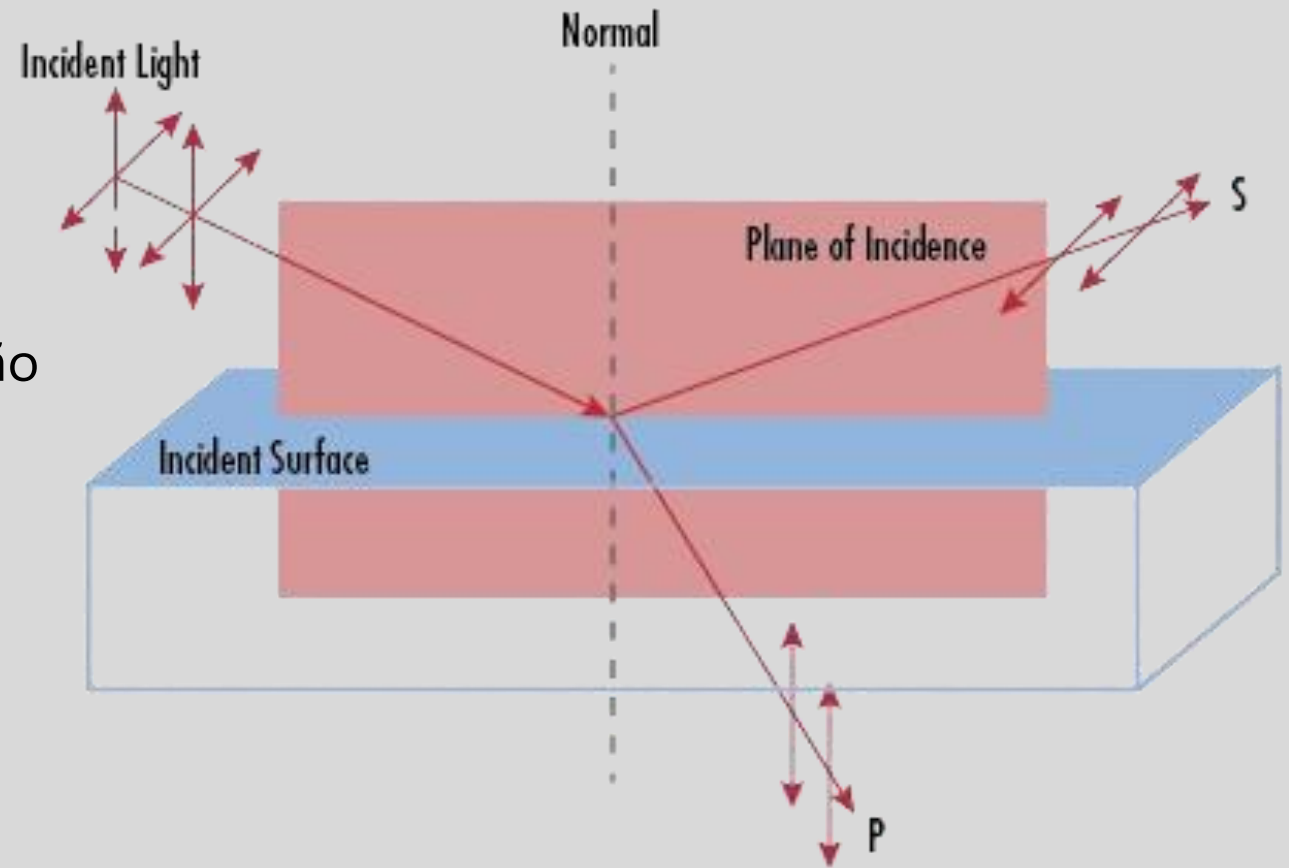
A Teoria por detrás da SPR

- Índice de refração dos metais
- Polarização da Luz
- Ressonância Plasmónica de Superfície



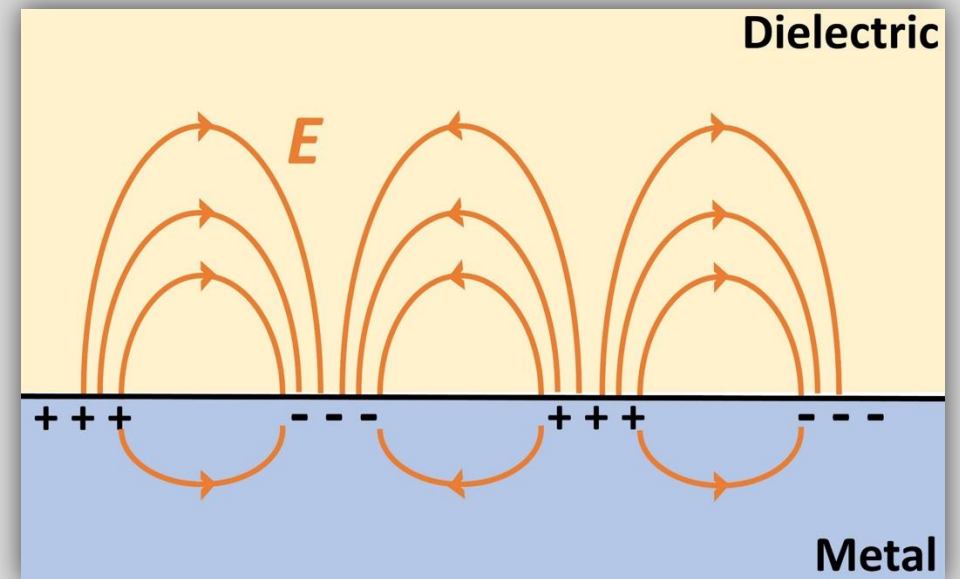
Polarização-P da Luz

- $\vec{B}$ é **transversal** à direção de propagação
- $\vec{E}$ é **paralelo** à direção de propagação



Ressonância Plasmônica de Superfície

- Excitação de elétrons de superfície de um metal (**plasmões de superfície**) através da **onda evanescente** da luz.
- A **ressonância** só ocorre em condições específicas de comprimento de onda, ângulo de incidência e propriedades dos materiais – luz é absorvida pela estrutura.



Simulação

- Otimização das espessuras
- Calculo das sensibilidades
- Avaliar a Figura de Mérito

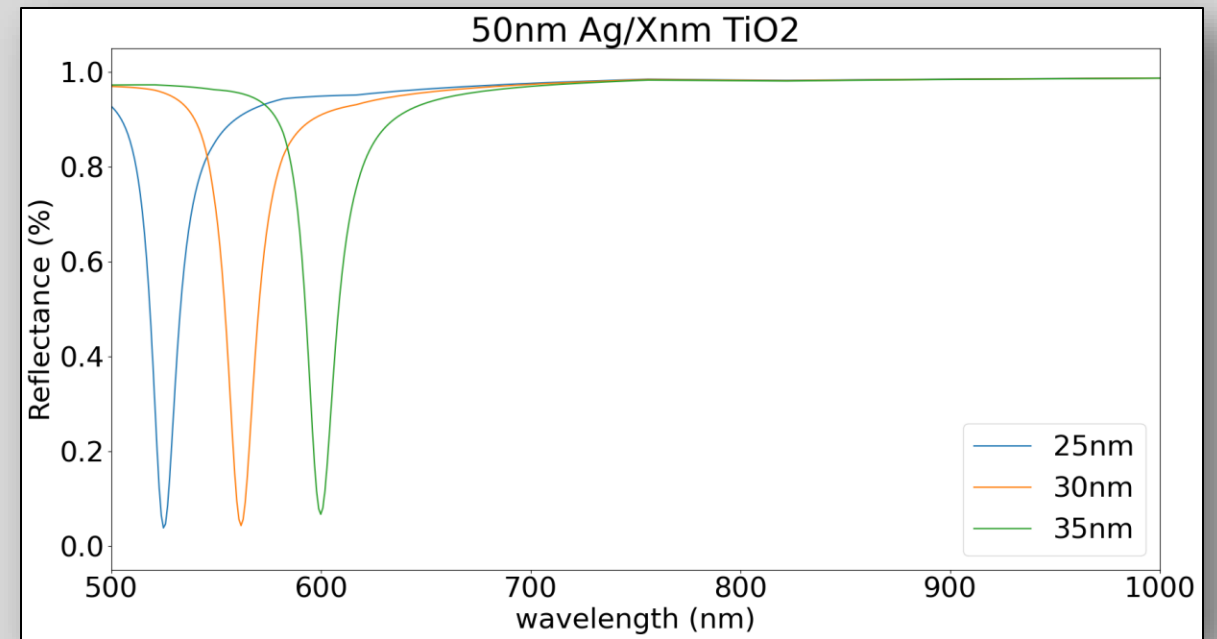
Dióxido de Titânio
Ouro / Prata
Vidro

```
[(base) macbookPro:Desktop michael$ python specializedLibraries.py
Without NumPy
Complex operation. Input index: 0
Complex operation. Input index: 1
Complex operation. Input index: 2
Complex operation. Input index: 3
Complex operation. Input index: 4
Complex operation. Input index: 5
Complex operation. Input index: 6
Complex operation. Input index: 7
Complex operation. Input index: 8
Complex operation. Input index: 9
run_complex_operations took 9.517sec

NumPy
Complex operation (numpy). Input index: 0
Complex operation (numpy). Input index: 1
Complex operation (numpy). Input index: 2
Complex operation (numpy). Input index: 3
Complex operation (numpy). Input index: 4
Complex operation (numpy). Input index: 5
Complex operation (numpy). Input index: 6
Complex operation (numpy). Input index: 7
Complex operation (numpy). Input index: 8
Complex operation (numpy). Input index: 9
run_complex_operations took 858.90ms
```

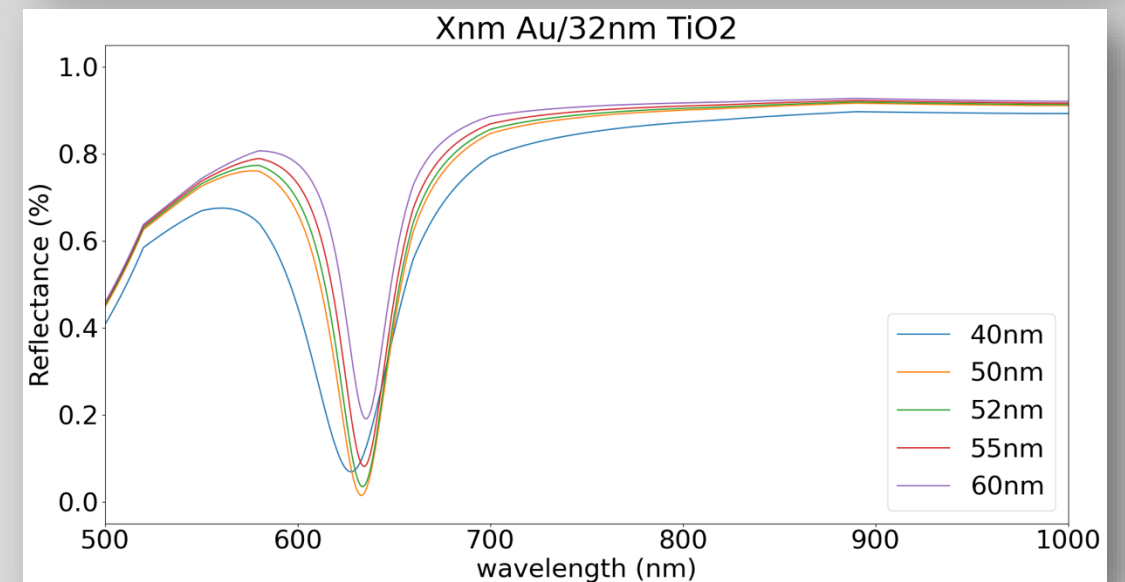
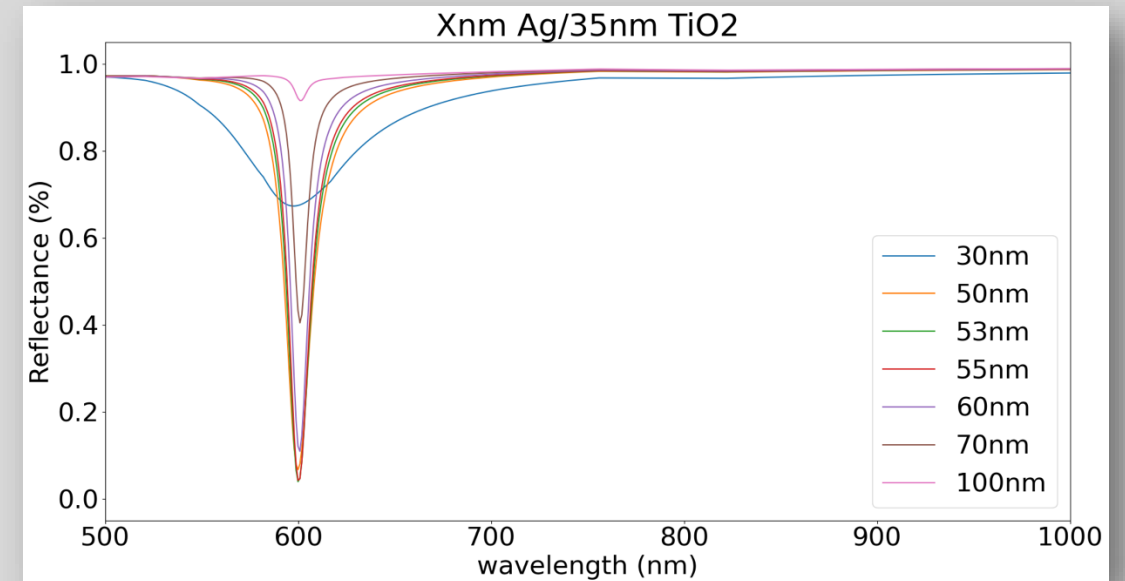
Otimização das espessuras (TiO_2)

- Quanto maior a espessura de TiO_2 maior é o comprimento de onda de ressonância, uma vez que o índice de refração efetivo do meio externo aumenta.



Otimização das espessuras (Au/Ag)

- Efeitos da espessura da camada de material na banda de comprimentos de onda.
- Impacto do alargamento das bandas de comprimento de onda na detecção da SPR.
- Necessidade de otimizar uma espessura ideal.



Cálculo das Sensibilidades

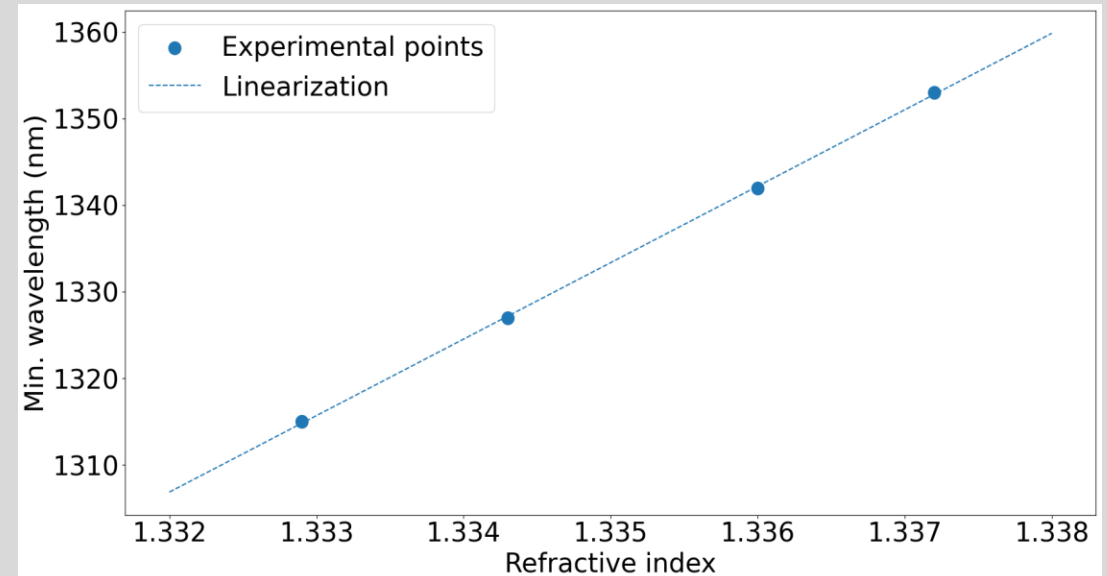
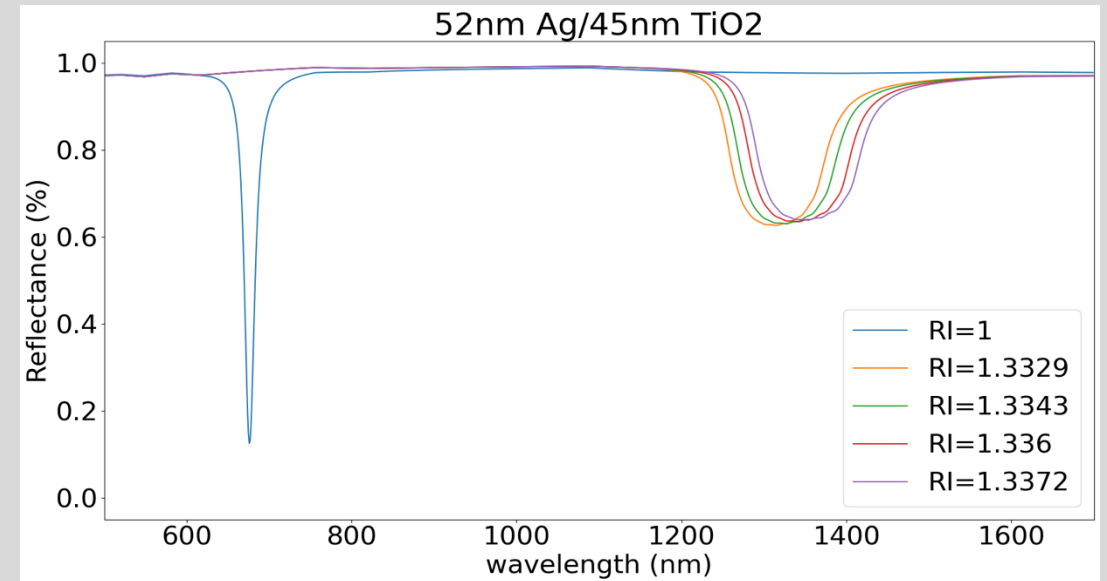
- Descoberta dos mínimos e das larguras a meia altura da banda para os vários índices de refração considerados.
- Cálculo efetivo da sensibilidade a partir dos dados anteriormente obtidos.

$$S[Au](sim) = 11616.82 \text{ nm}/RIU$$

$$S[Ag](sim) = 8831.78 \text{ nm}/RIU$$

$$FWHM[Au](sim) = 161.00 \text{ nm}$$

$$FWHM[Ag](sim) = 124.00 \text{ nm}$$



Avaliar a Figura de Mérito

- É a grandeza adimensional que determina qualidade da estrutura para sensorização.

$$FOM = \frac{S}{FWHM}$$

$$FOM[Ag](sim) = 71.22$$

$$Fom[Au](sim) = 72.15$$

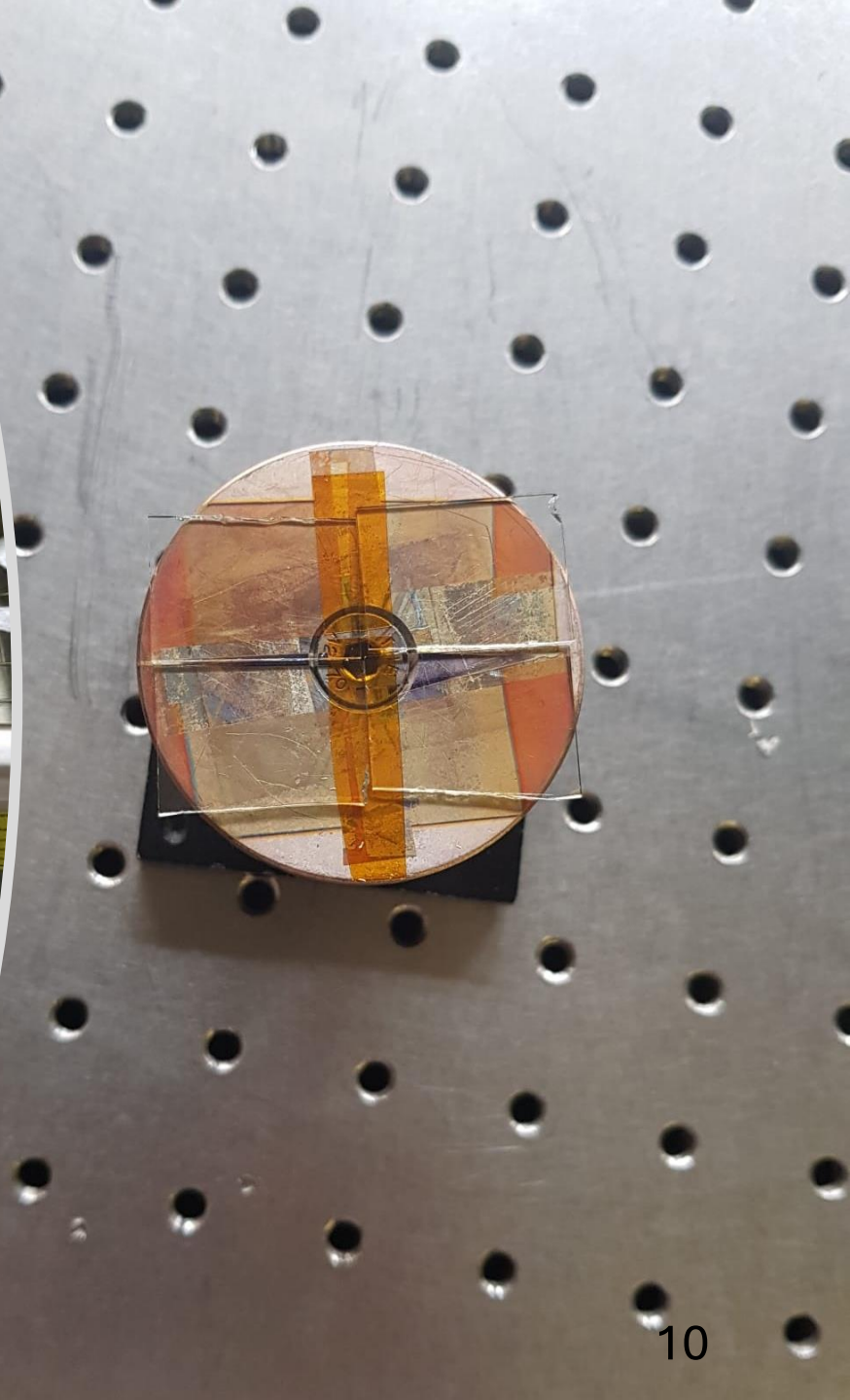


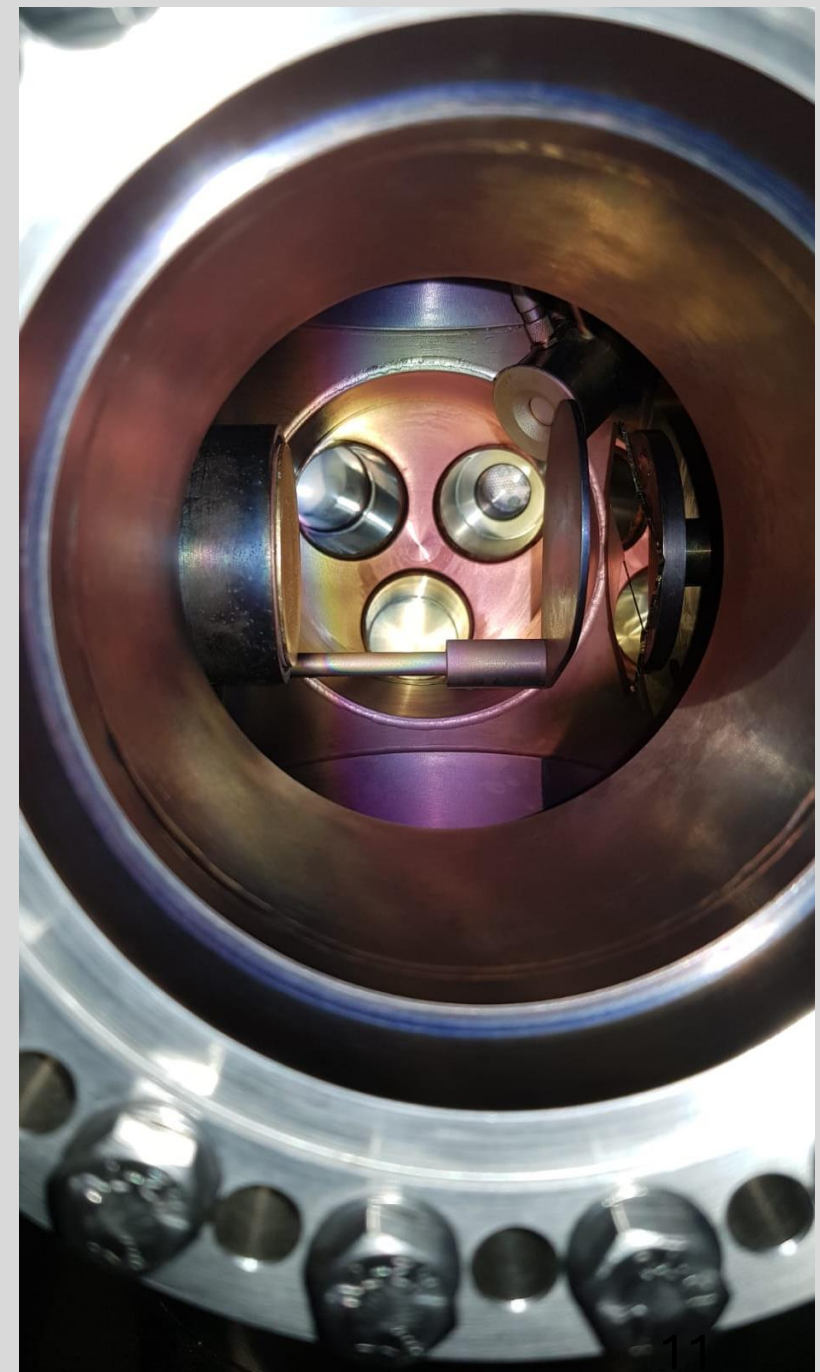
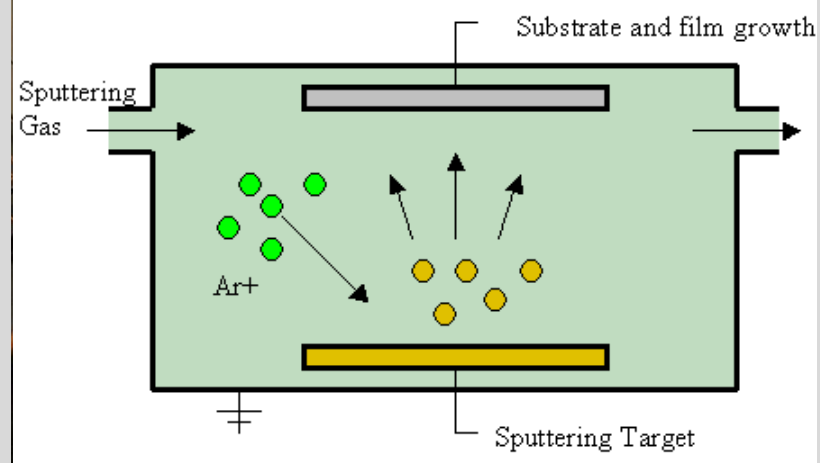
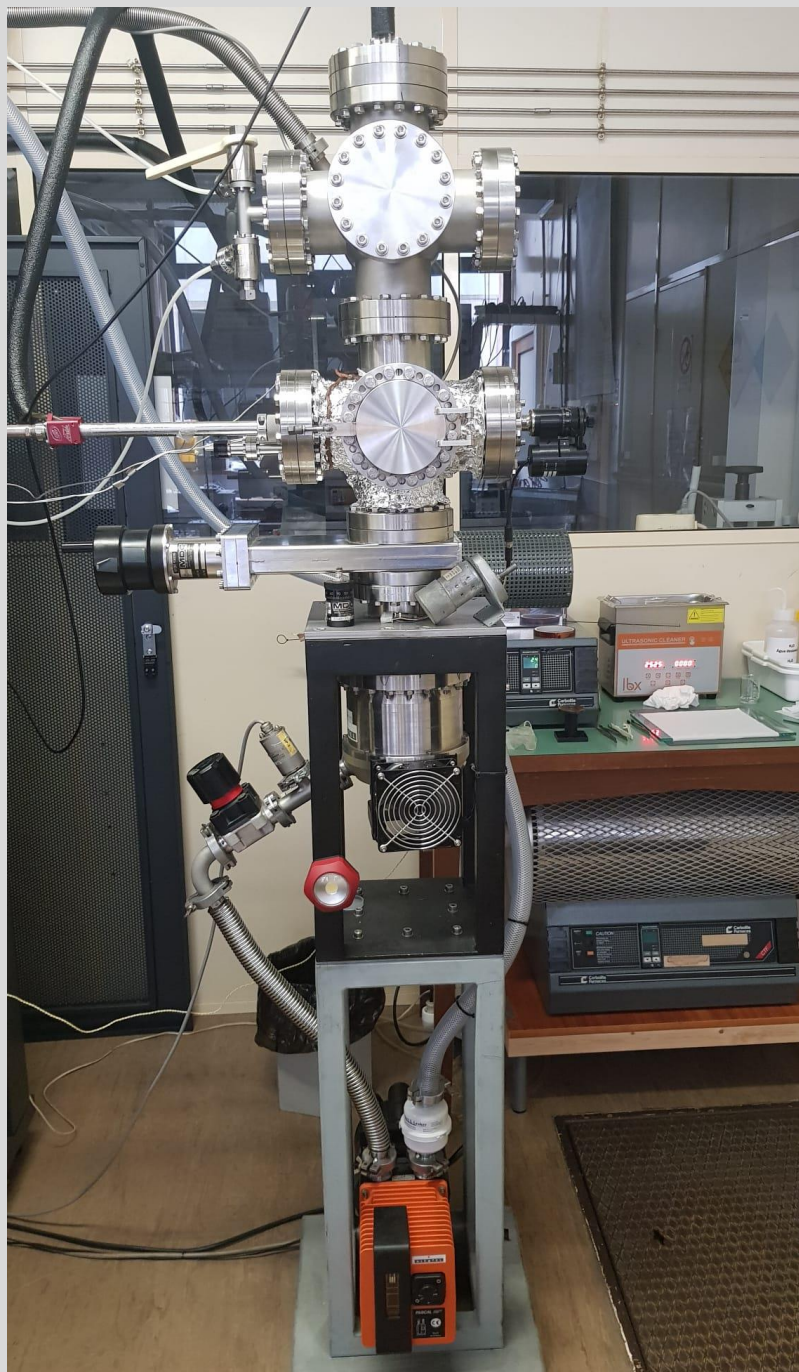
Deposição por RF Magnetron Sputtering

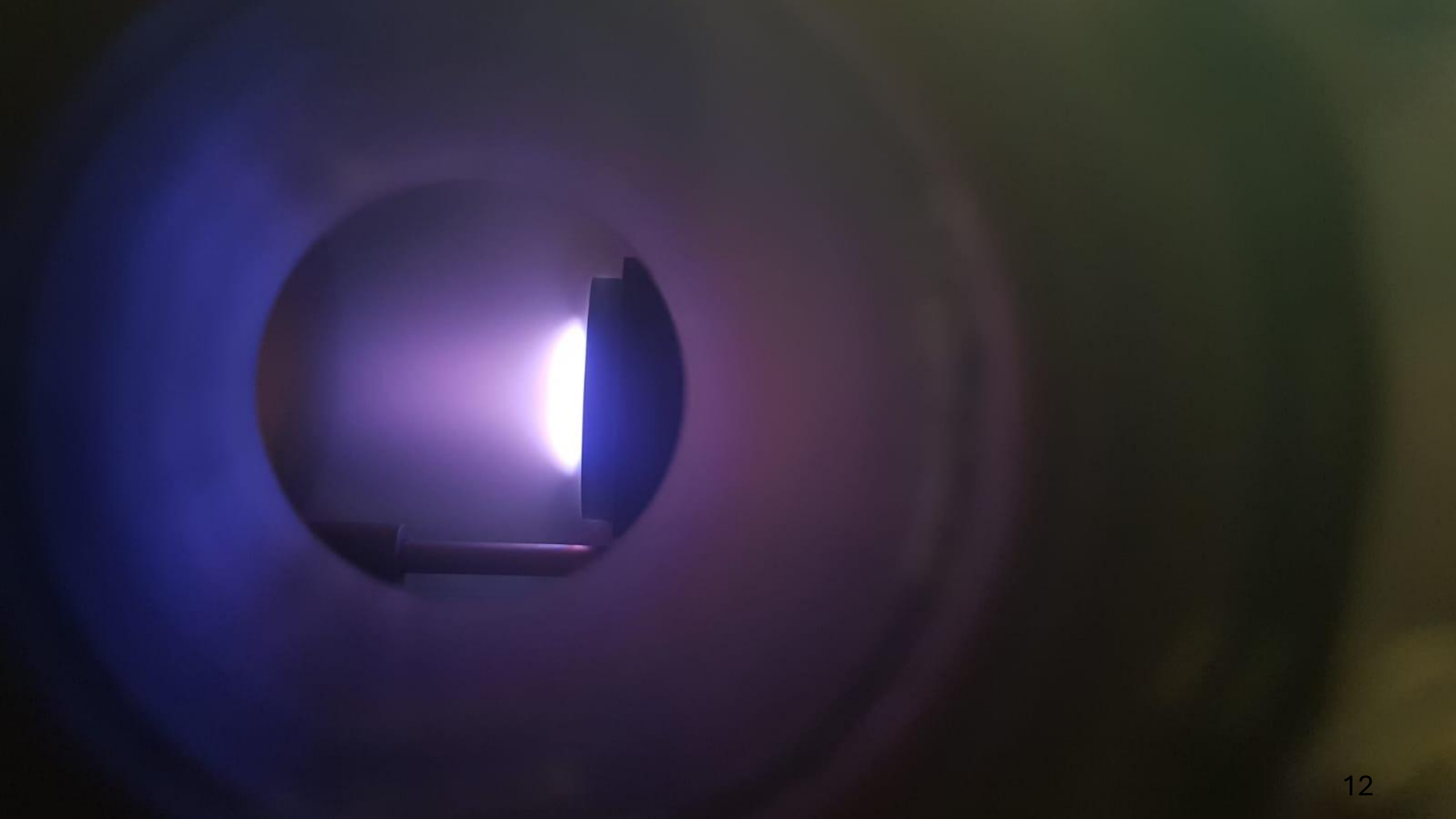
Procedimento

Limpeza dos substratos em banho de ultrasons:

- 3min: Acetona
- 3min: Etanol
- 3min: Água Ultrapura

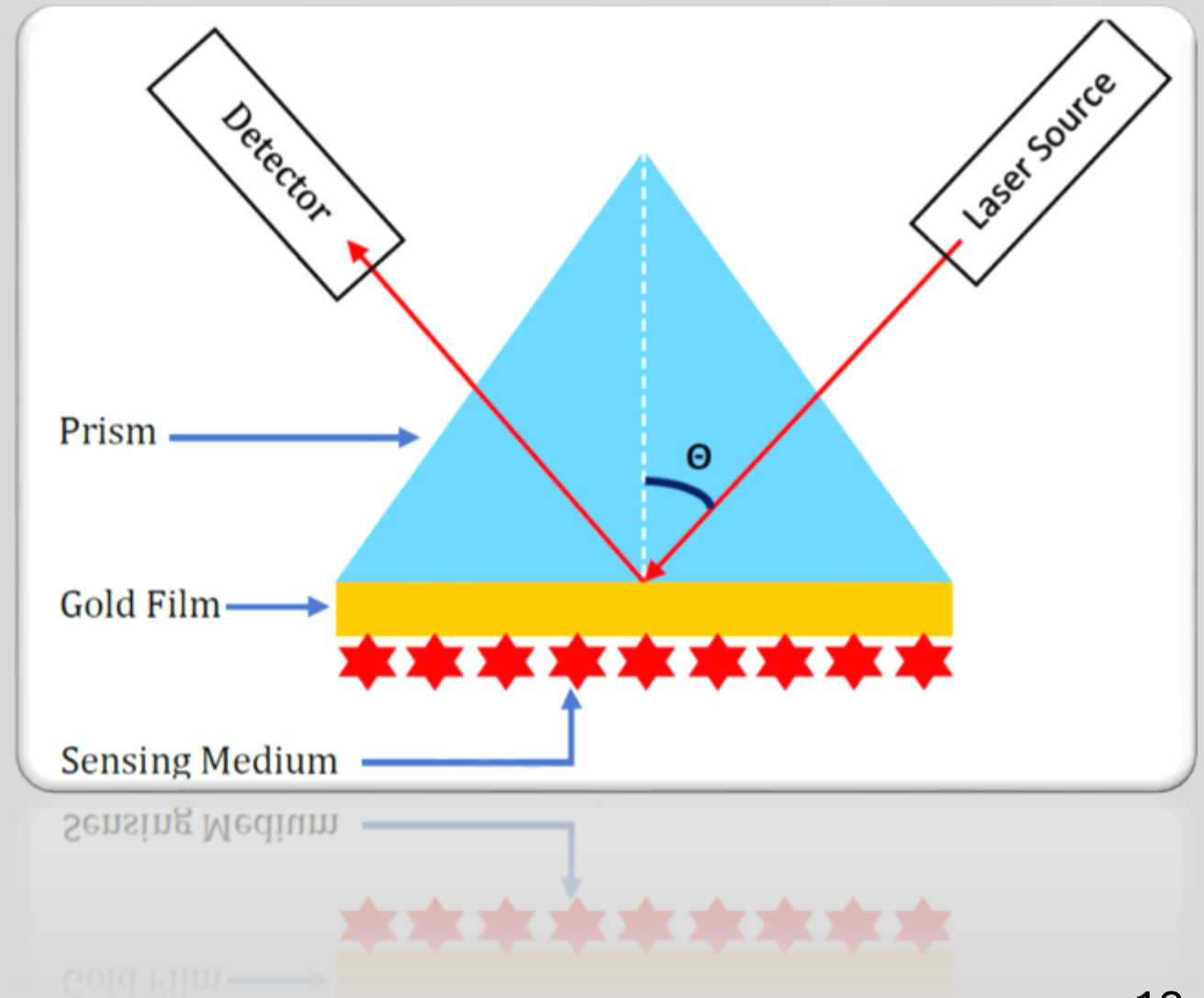




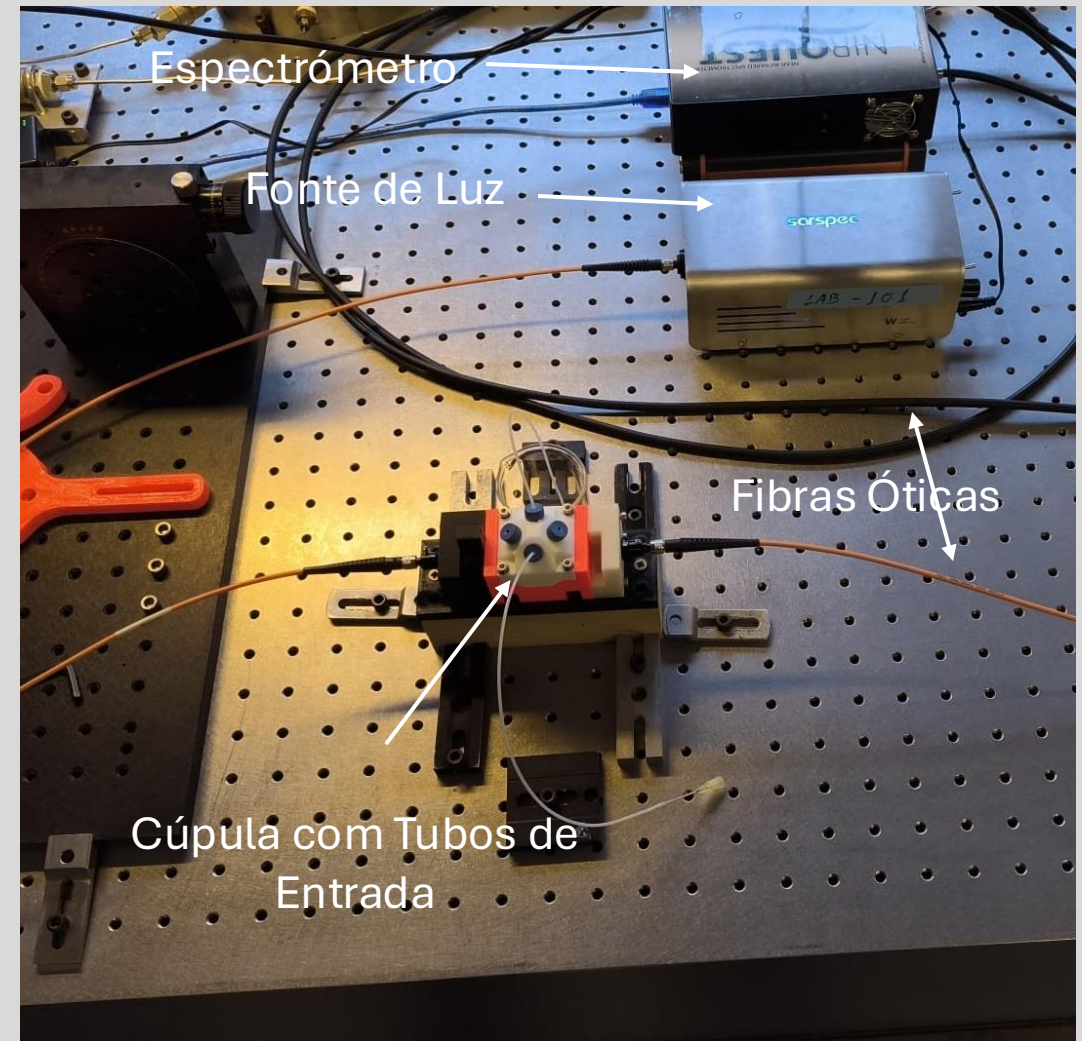
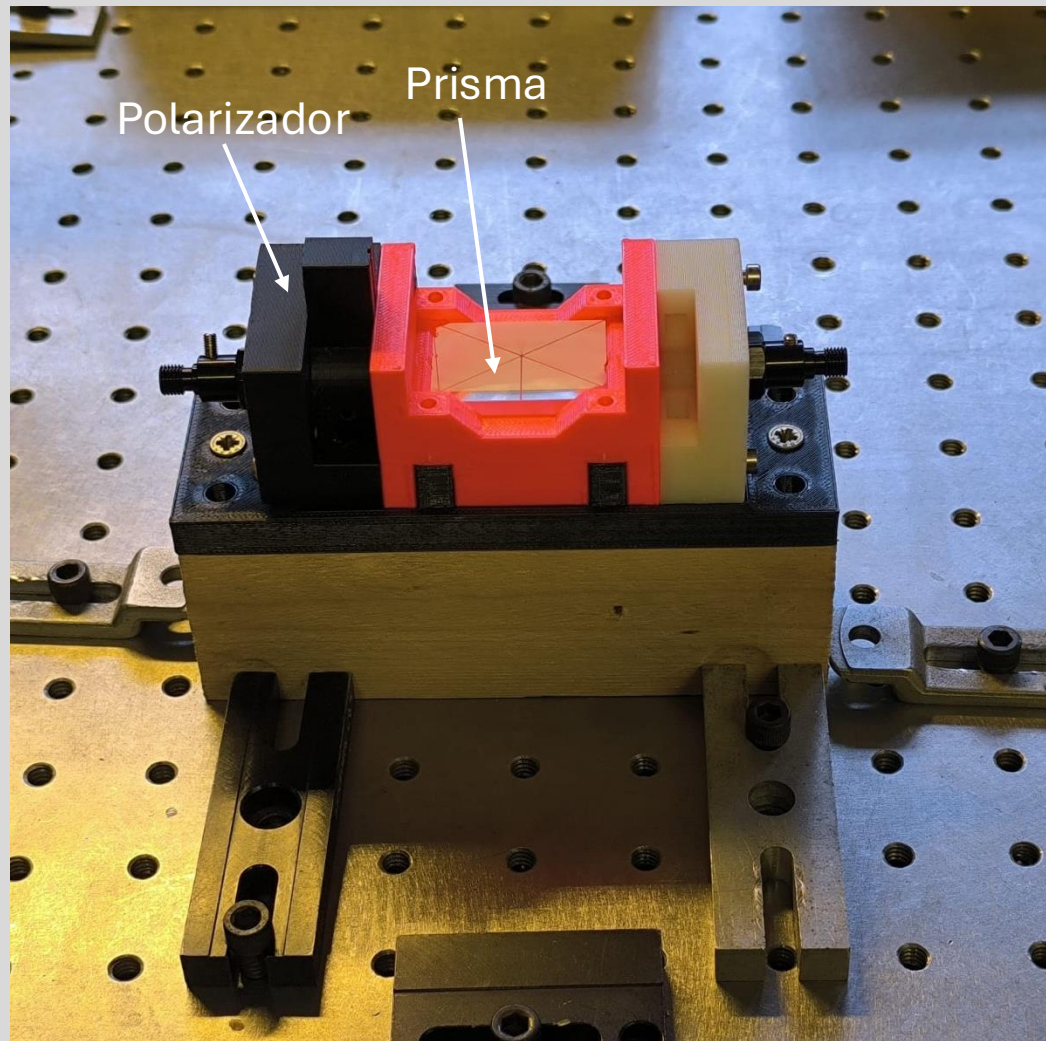


Caracterização experimental

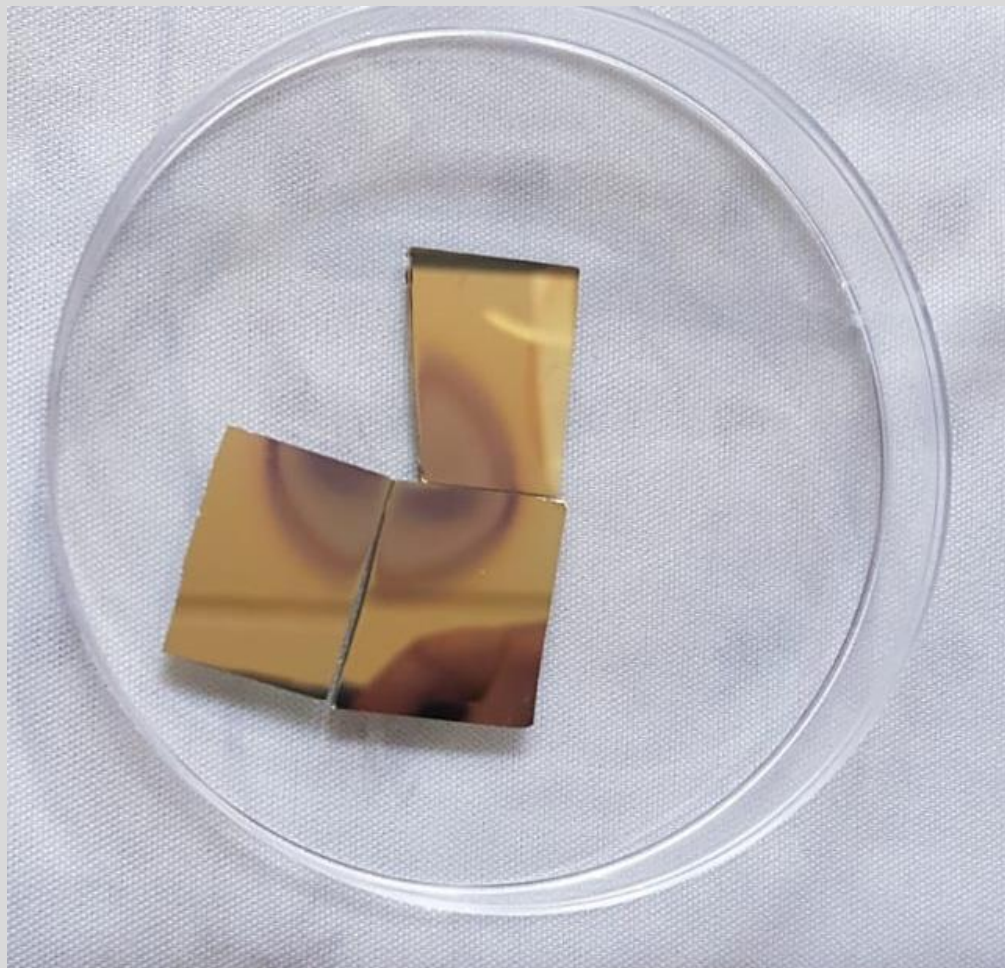
- Configuração de Kretschmann
- Utilização de prisma com reflexão total no filme de SPR



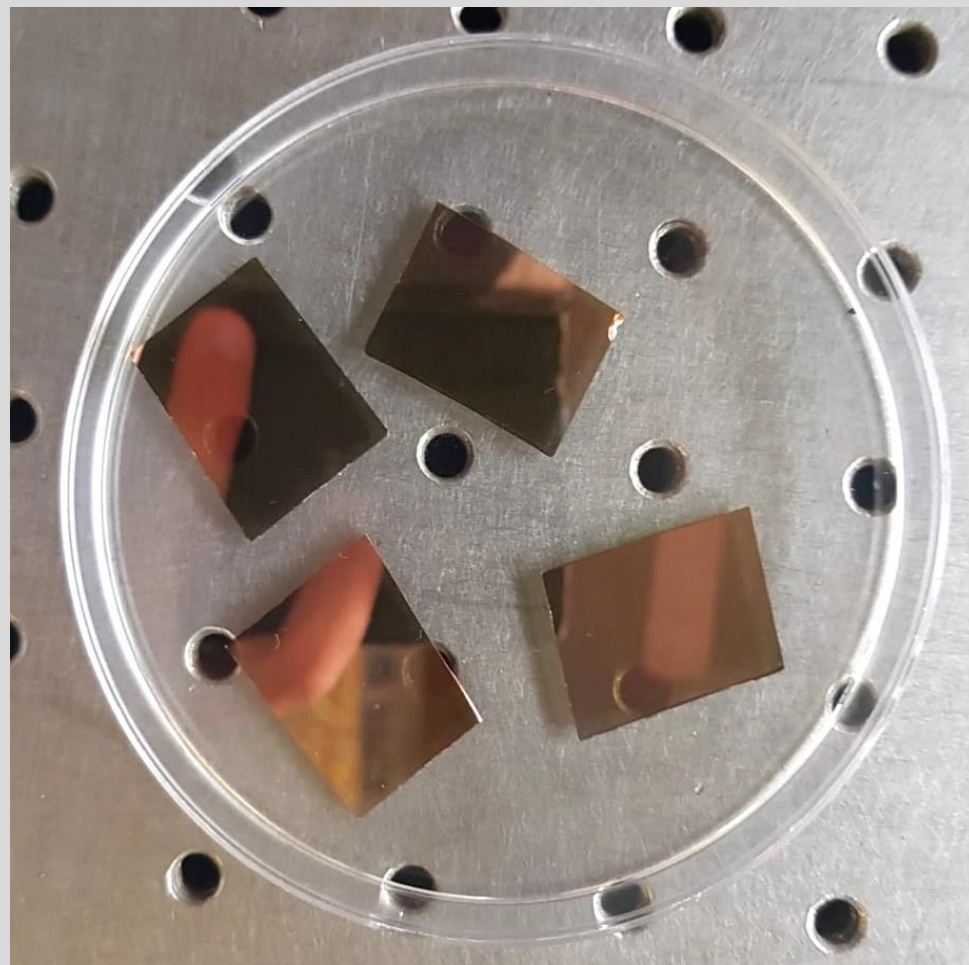
Sistema de Caracterização



Resultados

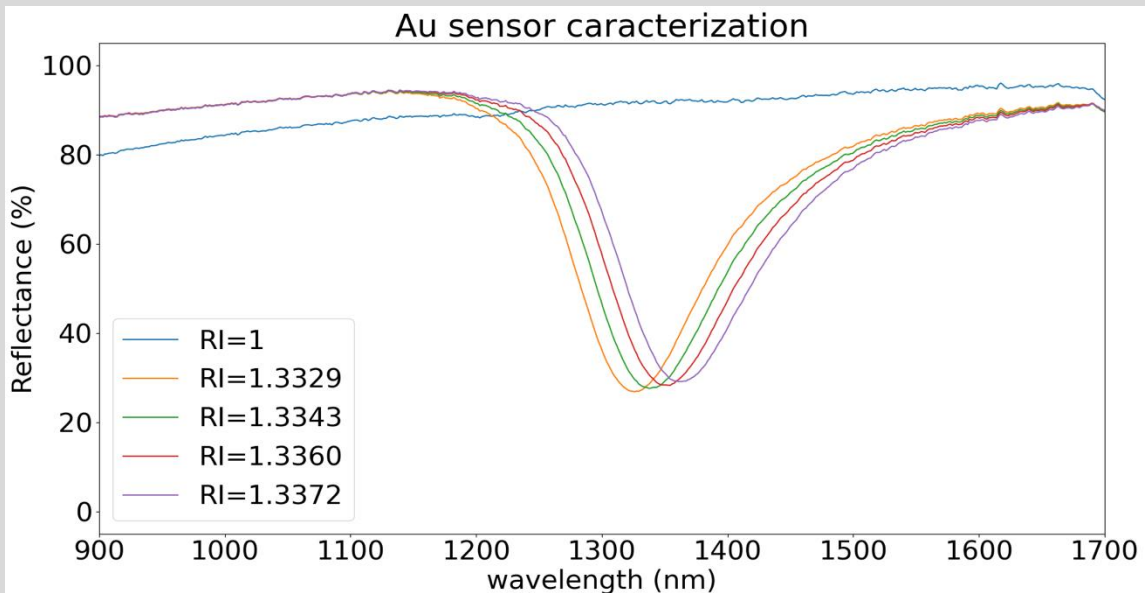
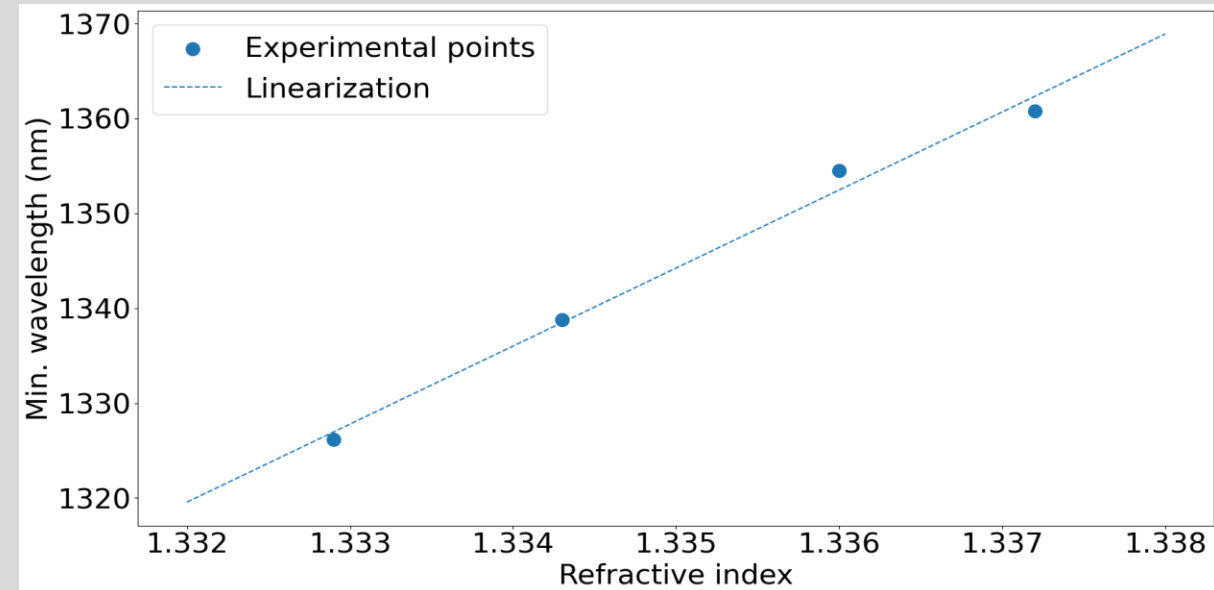
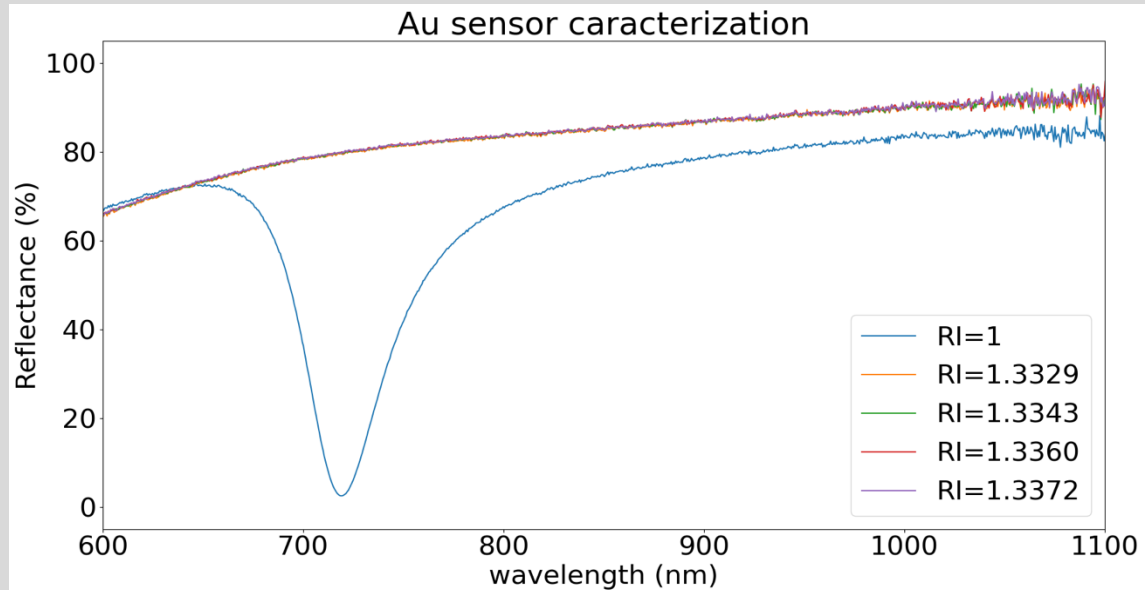


Filmes Ag - Prata



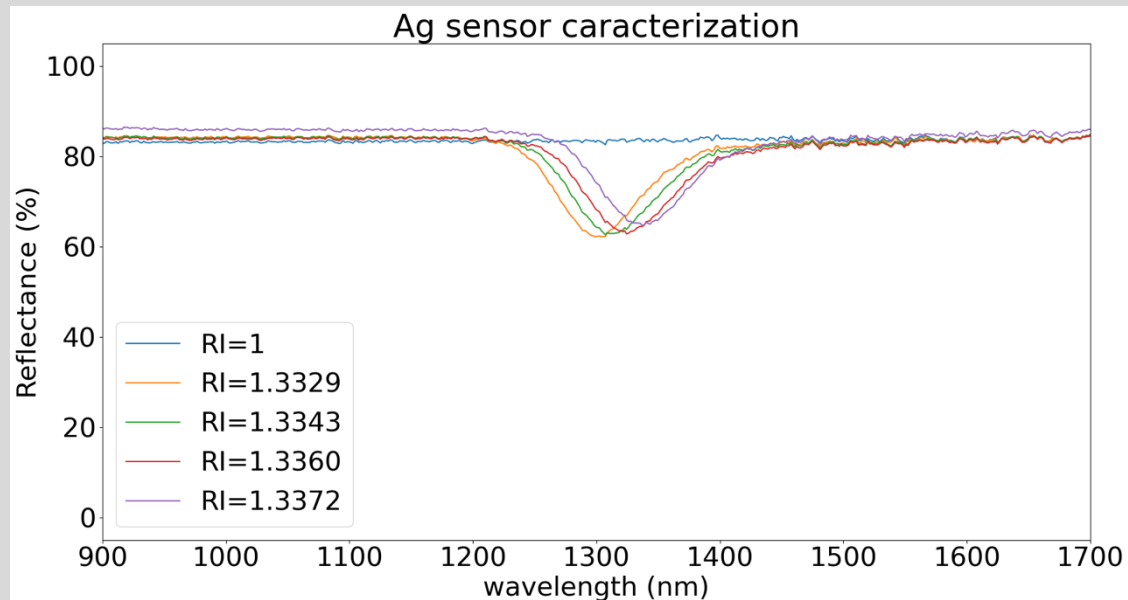
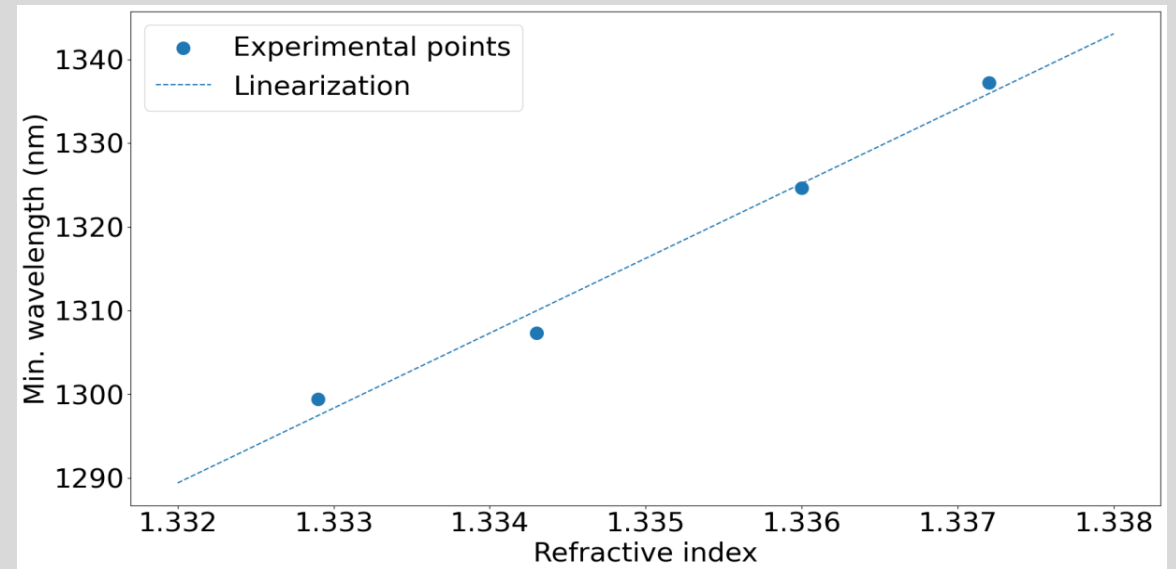
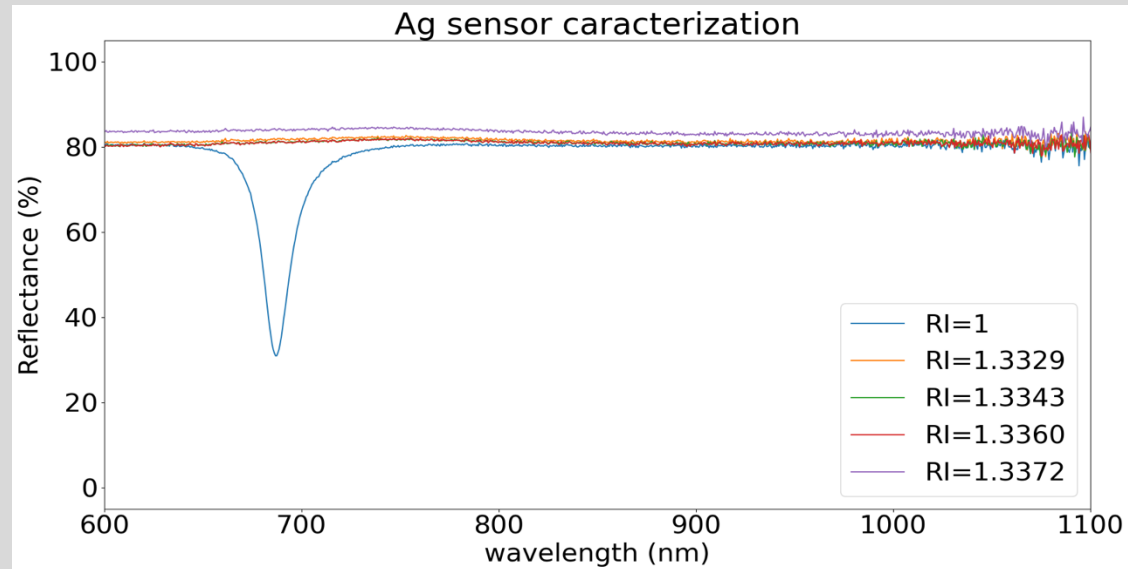
Filmes Au - Ouro

Resultados - Au



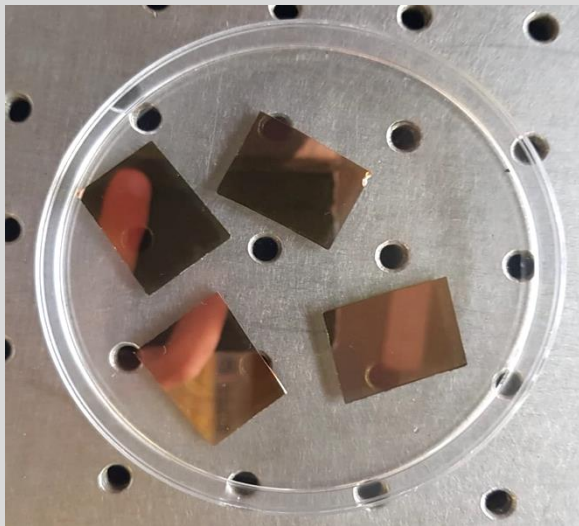
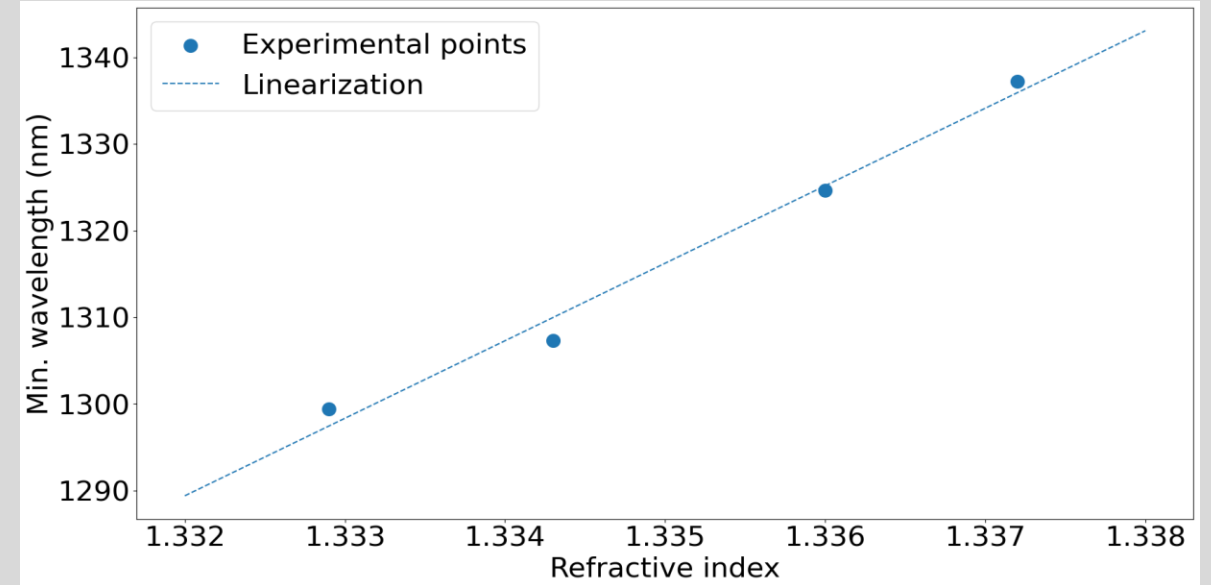
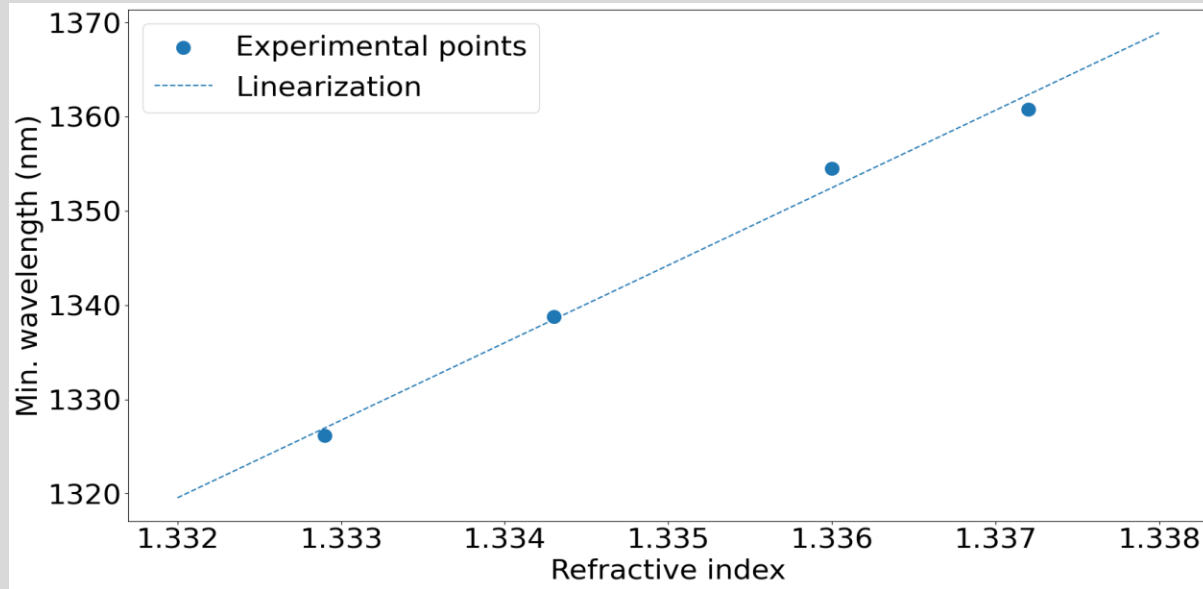
- $S = 8226.54 \text{ nm/RIU}$
- $FWHM = 144.66 \text{ nm}$
- $FOM = 56.8$

Resultados - Ag

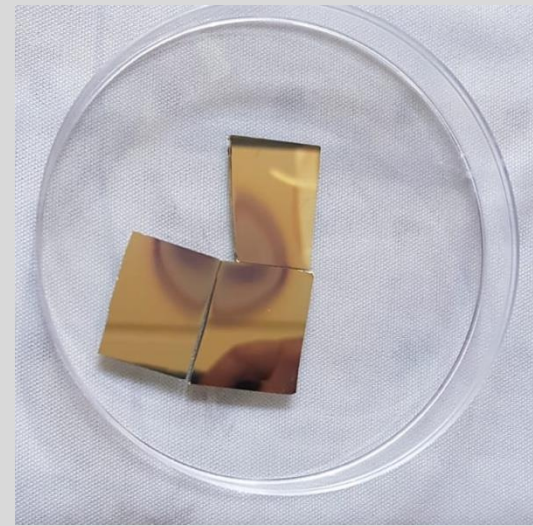


- $S = 8947.2 \text{ nm/RIU}$
- $FWHM = 191 \text{ nm}$
- $FOM = 46.6$

Comparação entre Au e Ag



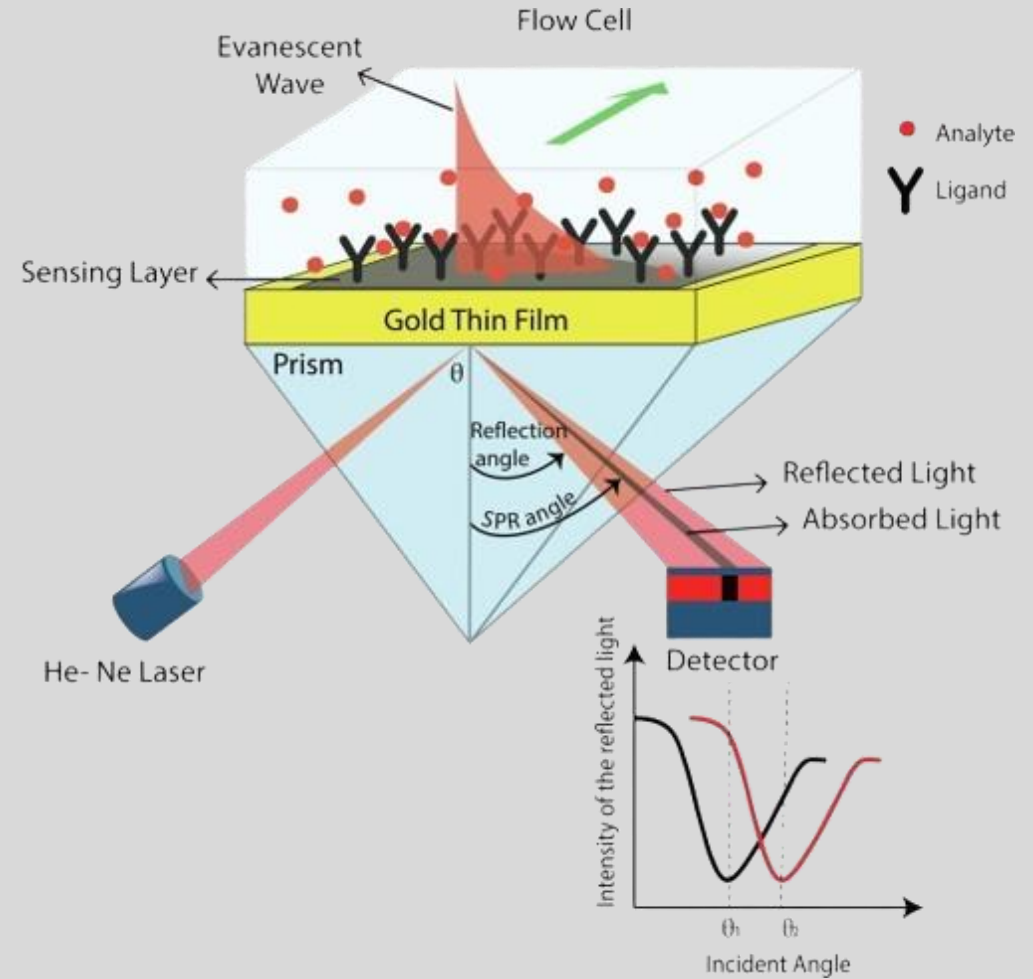
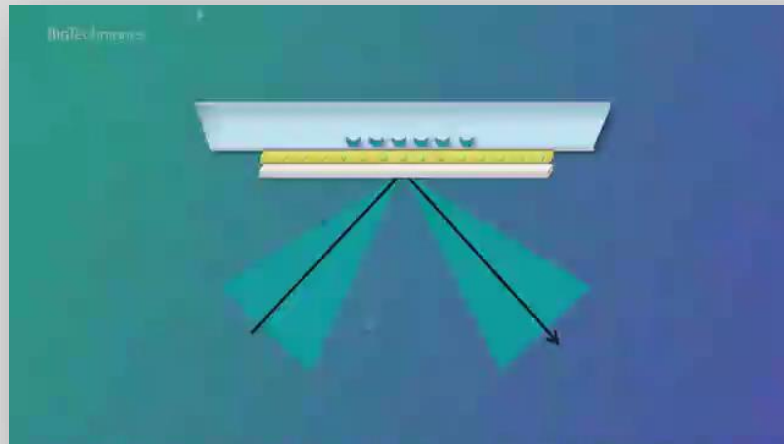
- $S = 8226.54 \text{ nm/RIU}$
- $FWHM = 144.66 \text{ nm}$
- $FOM = 56.8$



- $S = 8947.2 \text{ nm/RIU}$
- $FWHM = 191 \text{ nm}$
- $FOM = 46.6$

Aplicações desta Tecnologia

- Detecção de flutuações no índice de refração – ou permitividades – de diferentes materiais



Conclusão

- Através da simulação, a prata e o ouro têm **propriedades óticas semelhantes**
- Experimentalmente, o ouro tem uma estrutura mais estável e permite uma melhor deposição, logo obtivemos **melhores resultados**



Obrigado pela atenção e oportunidade de
participar neste projeto!

FIM!

