

Espectroscopia de Emissão

Lucas da Costa
Universidade de São Paulo
lucasda.costa@usp.br

Resumo

O experimento tem como objetivo compreender o uso da espectroscopia de emissão assim como explorar as parâmetros de responsividade e Irradância Espectral das fontes. Por meio do uso de um espectroradiômetro foi possível fazer a análise de diversas fontes e filtros. Para as fontes foram calculadas as espectras de emissão assim como as irradianças espectrais. Para os filtros foi obtido as transmissâncias. Através da análise das resultados foi possível perceber que o espectroradiômetro tem uma faixa de operação bem definida de 1400 a 860 nm, para fora dessa faixa há a interferência do ruído.

I Introdução

A espectroscopia de emissão como prevista nas equações de Schrodinger é dada pela quantização da energia como previsto em:

$$E_n = h \nu \quad (1)$$

Ao analisar o espectro emitido por uma fonte é possível encontrar as elementos que compõe essa fonte. O espectro é gerado através de um espectrômetro que é transformado em um espectroradiômetro através de:

$$R = \frac{I_{\text{amp.}} - I_{\text{fundo}}}{\Delta t} \cdot I_{\text{calibração}}$$

Onde temos que R significa a Responsividade ($\text{cm}^2 \cdot \text{nm} \cdot \mu\text{W}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$).
 Ainda temos utilizando este parâmetro de responsividade podemos encontrar
 a Irradiação de uma fonte por meio de:

$$I_{\text{irradiação}} = \frac{I_{\text{amp.}} - I_{\text{fundo}}}{\Delta\lambda} \cdot R \quad (3)$$

Onde temos que $I_{\text{irradiação}}$ é dada por ($\mu\text{W} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$).
 Com as dados obtidos é possível obter a transmitância de diversos
 filtros por meio de.

$$T = \frac{I_T}{I_0} \quad (4)$$

Onde T é a transmitância, I_T é a Intensidade transmitida, I_0
 é a intensidade sem o filtro.

II Materiais e Métodos

Para a realização do experimento foram utilizadas as segun-
 tes equipamentos: Um espectrômetro, um computador com software especí-
 fico para coletar os dados, lâmpadas halógenas, plasma fluorescente
 e incandescente, LEDs de cores variadas. O diagrama abaixo
 descreve:

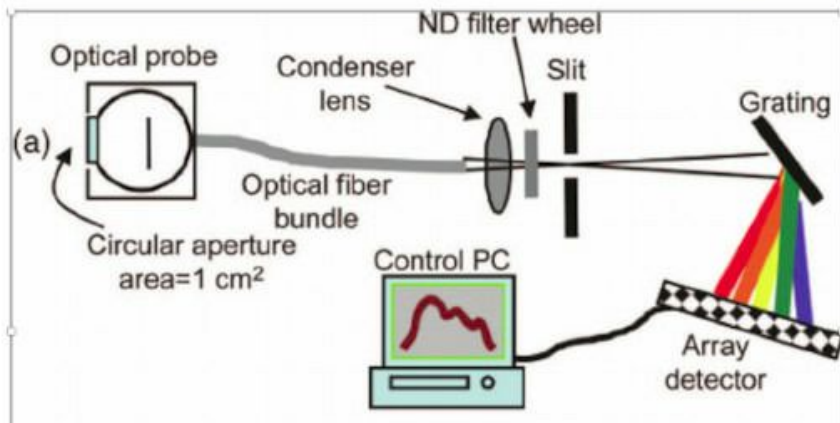


Figura 1: Diagrama de obtenção dos espectros de Emissão.

Primeiro foi feita a calibração do espectroradiômetro, para as comprimentos de onda de 350 a 800 nm. Então foi inserido a sonda óptica na fonte halógena e selecionado o tempo de integração. (Então foi inserido a sonda de fibra ótica na fonte halógena e selecionado o tempo). Então levou o espectro de intensidade da fonte não calibrado, para calibrar mediante o sinal de fundo e então foi subtraído o sinal de fundo na intensidade da lâmpada.

Após isto foi analisado o espectro de transmissão dos filtros utilizados no experimento de "Efeito Fotoelétrico" determinando a radiação de uma fonte branca sem filtro e de uma fonte com filtro através dos espectros de transmissão. Também foi realizado a determinação dos menores comprimentos de onda transmitidos.

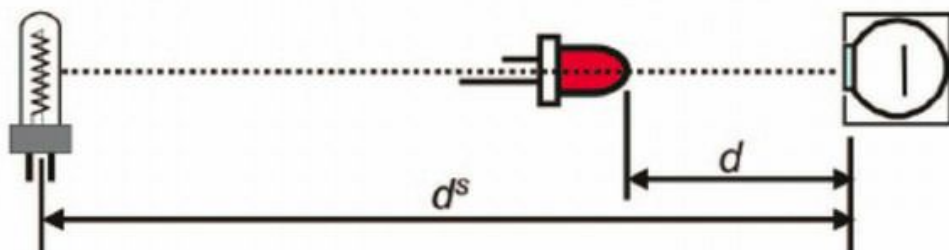


Figura 2: Diagrama do equipamento para analisar a Transmissão.

Para analisar os espectros de emissão de uma lâmpada fluorescente e foi identificado a composição química dela. Para cada LED foi analisado o espectro de emissão e calculado a radiancia.

III. Resultados

Primeiramente começamos pela calibração do espectroradiômetro por meio de uma lâmpada Halógena e pela interpolação das tabelas de calibração do fabricante, respectivamente abaixo:

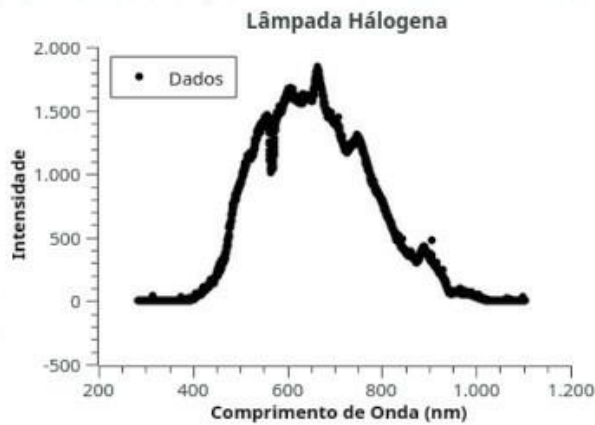


Figura 3: Espectro de Emissão de uma Lâmpada Halógena.

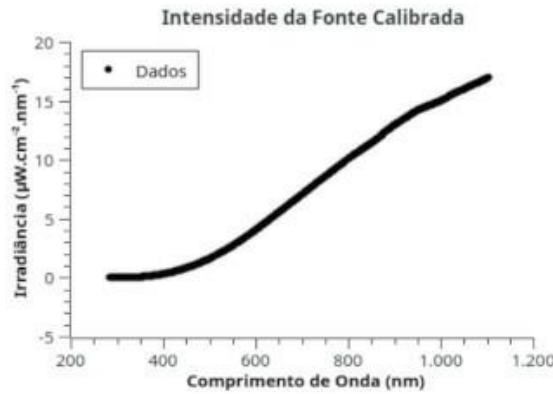


Figura 4: Espectro do fabricante para a calibração da fonte.

Com estes dois gráficos junto com o espectro de fundo para 200 ms conseguimos calcular a seguinte responsividade (de acordo com (1).)



Figura 5: Responsividade do espectrômetro.

Aplicando o resultado de responsividade para o espectro de emissão de uma lâmpada LED Branco temos os seguintes espectros e o cálculo da irradiância espectral com (3).

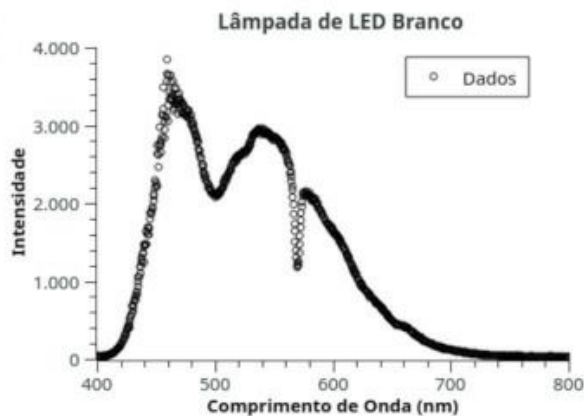


Figura 6: Espectro de emissão de uma lâmpada de LED Branco.

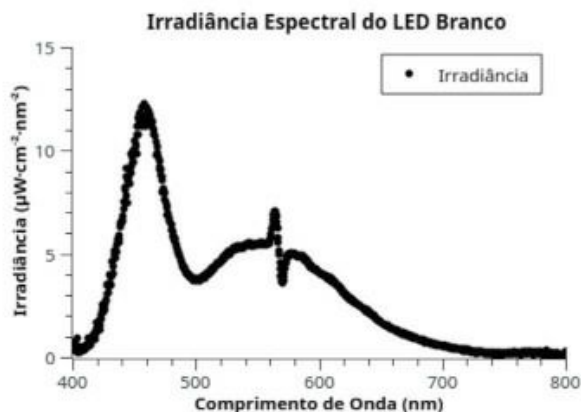


Figura 7: Irradiância Espectral calculada uma o LED Branco.

Agora analisando para os demais espectros de emissão das lâmpadas LEDs, temos o seguinte gráfico:

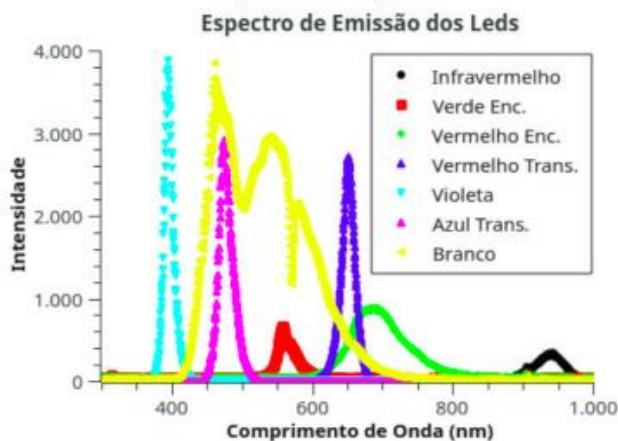


Figura 8: Espectro de Emissão dos demais LEDs.

Para as lâmpadas de plasma podemos fazer um paralelo com as séries do Balmer já que para as lâmpadas de Hélio, Hidrogênio, Oxigênio e Neon foram obtidos as seguintes espectros de emissão:

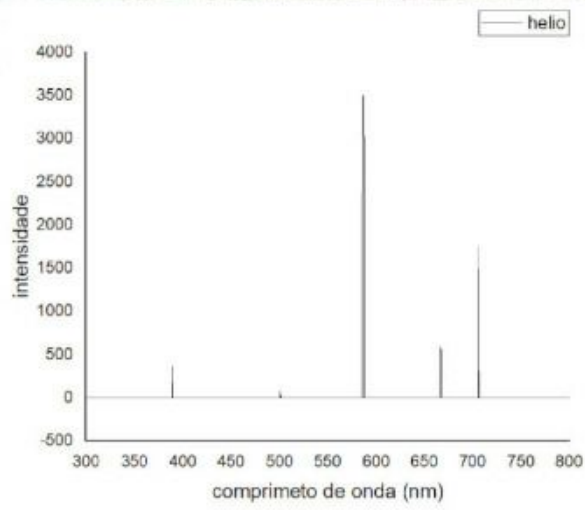


Figura 9: Espectro de Emissão do Hélio.

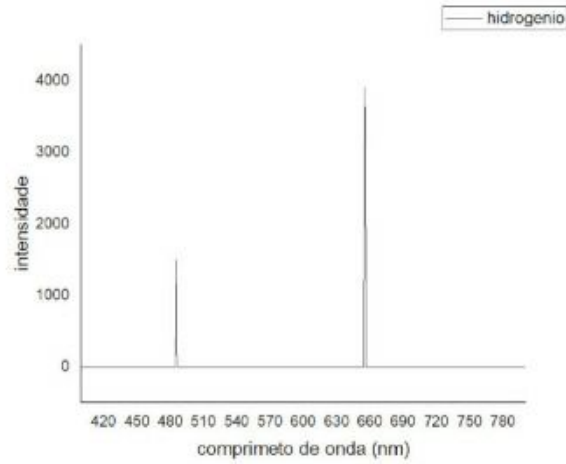


Figura 10: Espectro de Emissão do Hidrogênio.

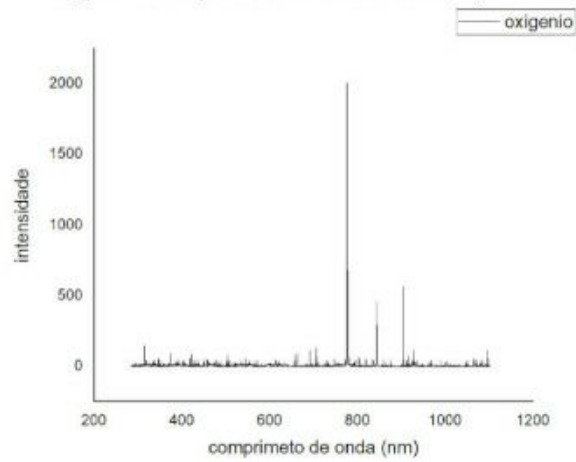


Figura 11: Espectro de Emissão do Oxigênio.

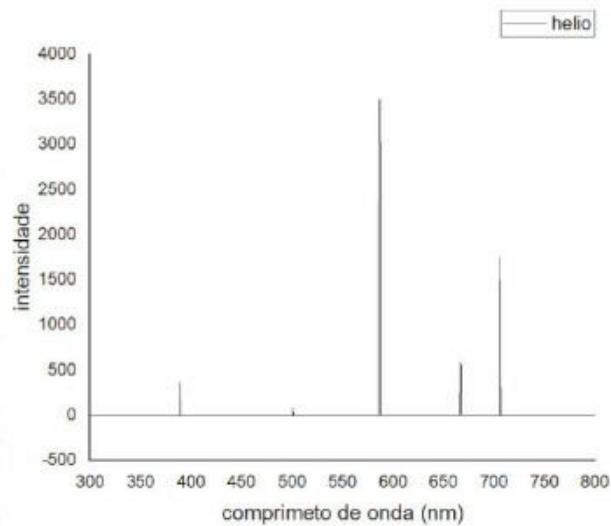


Figura 9: Espectro de Emissão do Hélio.

Para a análise da transmissão temos as seguintes espectros para cada um dos filtros.

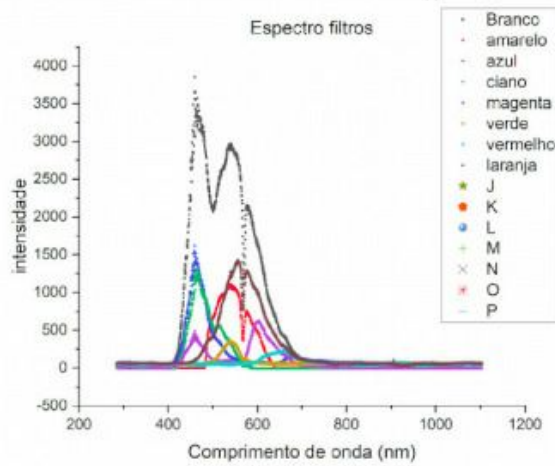


Figura 13: Espectro de Emissão dos filtros.

Calculando a transmitância por meio da equação (3), encontramos o seguinte gráfico:

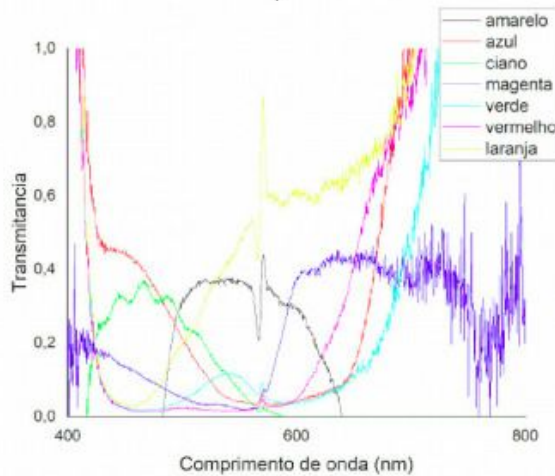


Figura 14: Espectro das transmitâncias para os filtros.

Resumindo os dados em uma tabela temos:

Filtros	λ_{corte}	λ_{max}	T
Amarelo	485 a 638	570	0,43
Azul	560	439	0,45
Ciano	417 a 560	466	0,37
Magenta	567	636	0,43
Verde	492 a 599	542	0,11
Vermelho	593	668	0,65
Laranja	454	570	0,85

Tabela 1: Síntese dos resultados obtidos na Transmitância

IV. Discussão

Através da análise dos dados temos para a responsividade abaixo de 400 nm encontramos dados negativos que fogem do esperado. A radiança espectral do LED Branco resultou em uma curva característica. Para os espectros de emissão das lâmpadas de LED, percebemos que espectros bem definidos para cada uma das fontes, com picos estruturados para quase todas as lâmpadas com exceção do LED Branco que possui um espectro mais abrangente.

Para a análise das lâmpadas de plasma temos que os picos nos espectros das lâmpadas para se fazer a radiança para - ver da análise dos espectros percebemos que cada pico corresponde a um comprimento de onda, no qual a espectroscopia consegue obter com uma boa acurácia os componentes de onda teóricas esperadas enquanto que se é observado menos picos do que nos séries de Balmer.

Por último percebemos que pela transmitância dos filtros a faixa adequada se encontra de 400 a 800 nm, para essa faixa o ruído do espectrometro invalida as possíveis análises a serem feitas, através da tabela podemos visualizar regiões de transmitância para cada filtro. Ao se comparar com o experimento do efeito fotoelétrico vemos que para o espectrometro há uma discrepância com o que foi medido por meio do experimento anterior.

V. Conclusão

Através do experimento foi possível analisar um espectrometro e por meio dele caracterizar o espectro de emissão de diversas fontes. Por meio da análise da responsividade percebemos que para as componentes menores de 400 nm são extremamente afetadas pelo ruído, desta forma nos permitindo análises corretas.

Para as lâmpadas de plasmas encontramos as peças prontas com uma boa fabricação porém não é possível encontrar todos as peças espaciais facilmente devido a falta específica do espectralmetro. Por fim para as transmutâncias podemos resumir os dados obtidos por meio de uma tabela 1, na qual para todas encontramos uma transmutância abaixo de 1, o que é esperado devido a perdas para o filtro.

Referências

1. Método Experimental

2. Enberg, Rusnick "Física Quântica: Átomos, moléculas, sólidos, Núcleos e partículas", Sexta Edição

Espectroscopia de Emissão

LUCAS DA COSTA
Universidade de São Paulo
lucasdacosta@usp.br

Resumo

O experimento tem como objetivo compreender o uso da espectroscopia de emissão assim como explorar os parâmetros de Responsividade e Irradiância Espectral das fontes. Por meio do uso de um espectroradiômetro foi possível fazer a análise de diversas fontes e filtros. Para as fontes foram calculados os espectros de emissão assim como as irradiâncias espectrais. Para os filtros foi obtido as transmitâncias. Através da análise dos resultados foi possível perceber que o espectrômetro tem uma faixa de trabalho bem definida de 400 à 800 nm, para fora dessa faixa há a interferência de ruído.

I. INTRODUÇÃO

A espectroscopia de emissão como prevista nas equações de Schroedinger é dado pela quantização da energia como previsto em:

$$E_n = hv \quad (1)$$

Ao se analisar o espectro emitido por uma fonte, é possível encontrar os elementos que compõe essa fonte. O espectro é gerado através de um espectrômetro que é transformado em um espectroradiômetro através de:

$$R = \frac{I_{\text{lampada}} - I_{\text{fundo}}}{\Delta t} \cdot I_{\text{calibracao}} \quad (2)$$

Onde temos que R significa a Responsividade ($\text{cm}^2 \cdot \text{nm} \cdot \mu\text{W}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$). Ainda utilizando esse parâmetro de Responsividade podemos encontrar a Irradiância de uma fonte por meio de:

$$I_{\text{irradiancia}} = \frac{I_{\text{lampada}} - I_{\text{fundo}}}{R} \quad (3)$$

Onde temos que a $I_{\text{irradiancia}}$ é dada em ($\mu\text{W} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$). Ainda com os dados obtidos é possível obter a transmitância de diversos filtros

$$T = \frac{I_T}{I_0} \quad (4)$$

Onde T é a transmitância, I_T é a intensidade transmitida e I_0 é a intensidade sem o filtro.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do experimento foram utilizados os seguintes equipamentos: Um espectrômetro, um computador com software específico para coletar os dados, lâmpadas halógena, plasma, fluorescente e incandescente e LEDs com cores variadas. O diagrama do experimento está descrito abaixo:

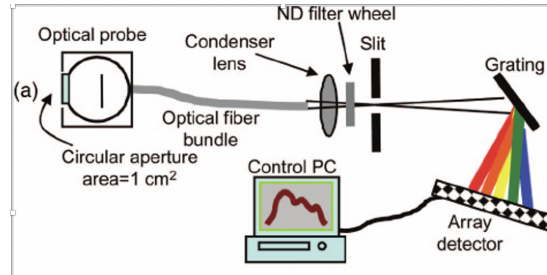


Figura 1: Diagrama de obtenção dos espectros de Emissão.

Primeiro foi feito a calibração do espectroradiômetro, para os comprimentos de onda de 350 a 800 nm. Então foi inserido a sonda de fibra óptica na fonte halógena e selecionado o tempo de integração. Então temos o espectro de intensidade da fonte não calibrado, para

calibrar medimos o sinal de fundo e então foi subtraído o sinal de fundo na intensidade da lâmpada.

Após isto foi analisado o espectro de transmissão dos filtros utilizados no experimento do "Efeito Fotoelétrico" determinando a radiação de uma fonte branca sem filtro e de uma fonte com filtro. Através dos espectros de transmissão também foi realizado a determinação dos menores comprimentos de onda transmitidos.

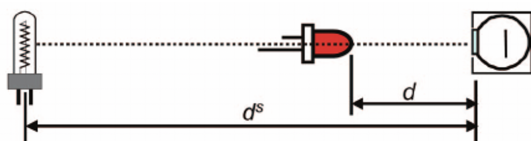


Figura 2: Diagrama do equipamento para analisar a Transmissão.

Para analisar os espectros de emissão de lâmpadas de plasmas foi utilizado as séries de Balmer e então foram comparados os valores das lâmpadas com os valores apresentados no experimento de séries de Balmer.

Por fim foram analisados os espectros de emissão de uma lâmpada fluorescente e foi identificado a composição química dela. Para cada LED foi analisado o espectro de emissão e calculado a irradiância.

III. RESULTADOS

Primeiramente começamos pela calibração do espectralradiômetro por meio de uma lâmpada Halógena e pela interpolação dos dados de calibração do fabricante, respectivamente abaixo:

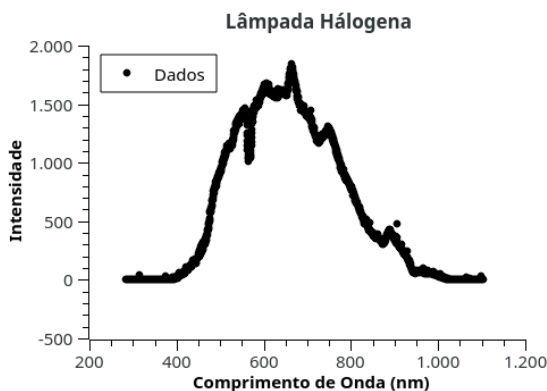


Figura 3: Espectro de Emissão de uma Lâmpada Halógena.

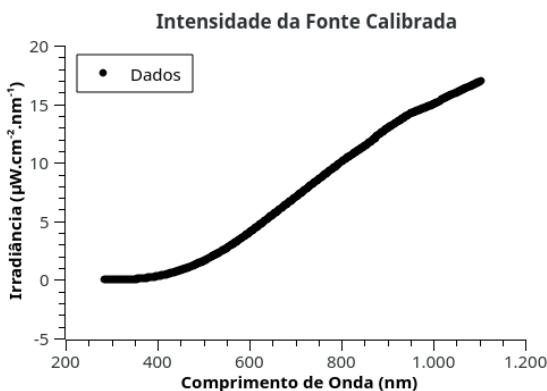


Figura 4: Espectro do fabricante para a calibração da fonte.

Com esses dois gráficos junto com o espectro de fundo para 200 ms conseguimos calcular a seguinte responsividade de acordo com (2).

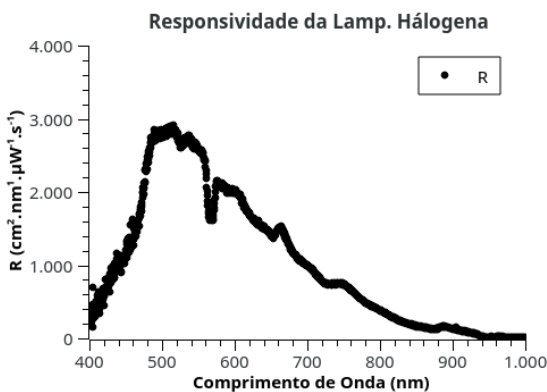


Figura 5: Responsividade do espectralradiômetro.

Aplicando o resultado de responsividade para o espectro de emissão de uma lâmpada de LED Branco temos os seguintes espectro e o cálculo da Irradiância Espectral de acordo com (3).

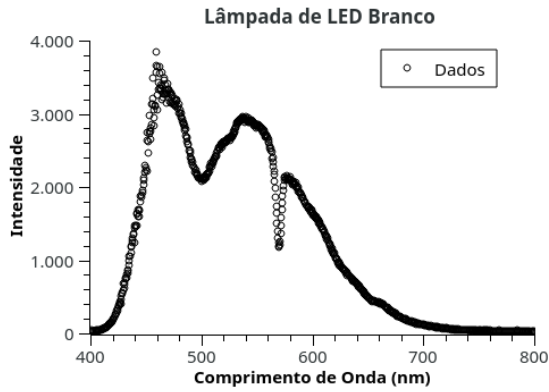


Figura 6: Espectro de emissão de uma lâmpada de LED Branco.

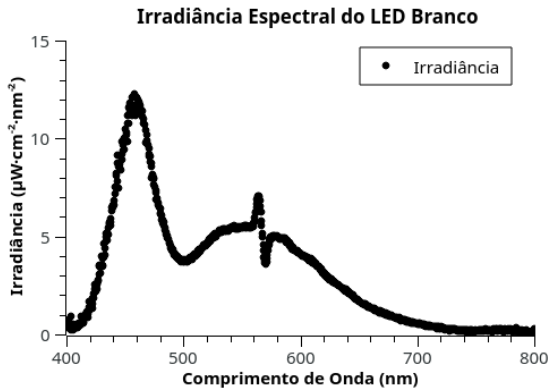


Figura 7: Irradiância Espectral calculada uma o LED Branco.

Agora analisando os espectros de emissão para os demais LEDs, temos o seguinte gráfico:

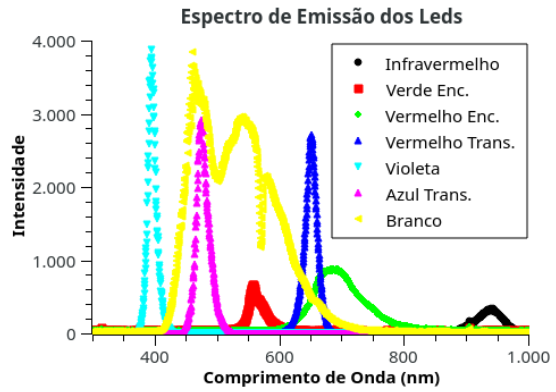


Figura 8: Espectro de Emissão dos demais LEDs.

Para as lâmpadas de plasma podemos fazer um paralelo com as séries de Balmer já vistas, para as lâmpadas de Hélio, Hidrogênio, Oxigênio e Neônio foram obtidos os seguintes espectros de emissão:

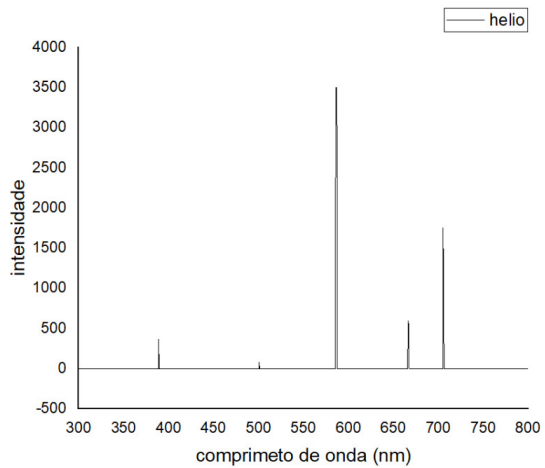


Figura 9: Espectro de Emissão do Hélio.

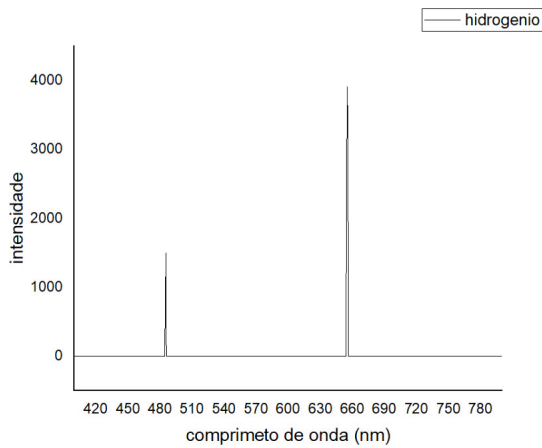


Figura 10: Espectro de Emissão do Hidrogênio.

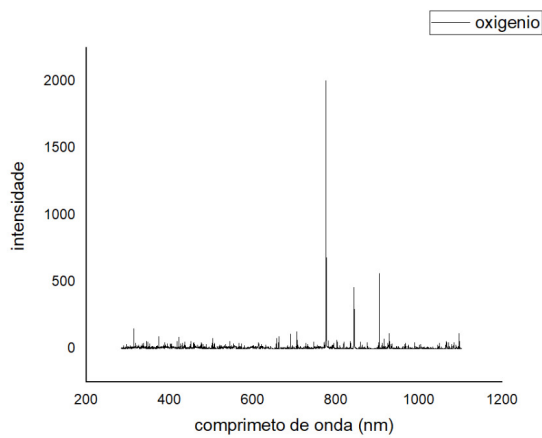


Figura 11: Espectro de Emissão do Oxigênio.

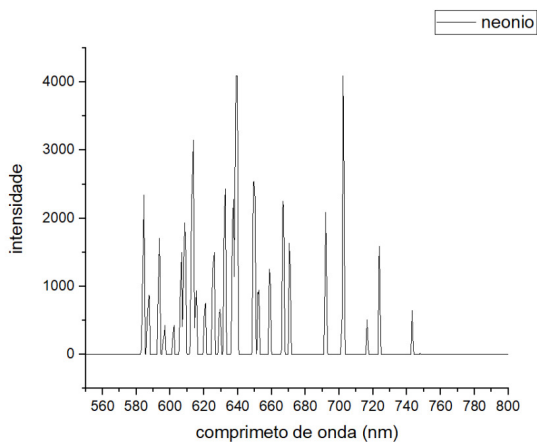


Figura 12: Espectro de Emissão do Neônio.

Para a análise da transmissão pelos filtros temos os seguintes espectros para cada um dos filtros:

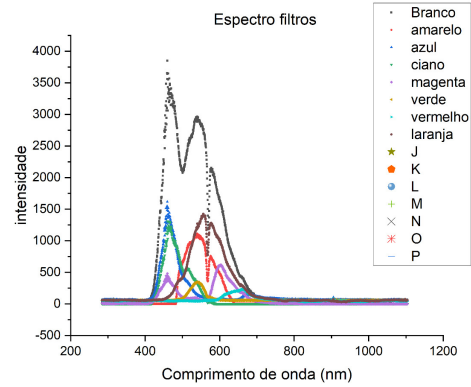


Figura 13: Espectro de Emissão dos filtros.

Calculando a transmitância por meio da equação (3), encontramos o seguinte gráfico:

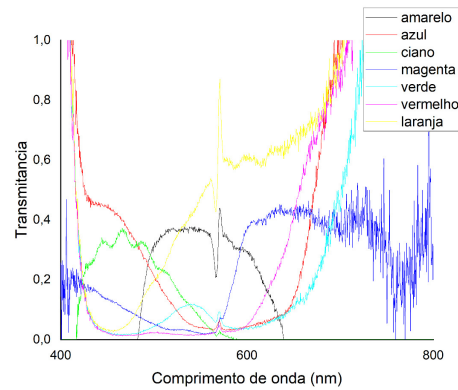


Figura 14: Espectro das transmitâncias para os filtros.

Por meio de uma tabela

Filtros	λ_{corte}	λ_{max}	T
Amarelo	485 a 638	570	0,43
Azul	560	439	0,45
Ciano	417 a 560	466	0,37
Magenta	567	636	0,43
Verde	492 a 599	542	0,11
Vermelho	593	668	0,65
Laranja	454	570	0,85

Tabela 1: Síntese dos resultados obtidos na Transmitância

IV. DISCUSSÃO

Através da análise dos dados temos para a responsividade a abaixo de 400 nm encontramos dados negativos que fogem do esperado. A Irradiância espectral do LED Branco resulta em uma curva característica. Para os espectros de emissão de das lâmpadas de LED percebemos que espectros bem definidos para cada uma das fontes, com picos estreitos para quase todos as lâmpadas com exceção pela lâmpada branca que possui um espectro mais abrangente.

Para a análise das lâmpadas de plasma temos que os picos são estreitos demais para se fazer a irradiância, através da análise dos espectros de percebemos que cada pico corresponde a um comprimento de onda, no qual a espectroscopia consegue obter com uma boa acurácia os comprimentos de onda teóricos esperados enquanto que se é observado menos picos do que nas séries de Balmer.

Por último percebemos que pela transmitância dos filtros a faixa adequada se encontra de 400 à 800 nm, fora dessa faixa o ruído do espectrômetro invalida as possíveis análises a serem feitas, através da tabela 1 podemos visualizar as regiões de transmitância para cada filtro. Ao se comparar com o experimento do efeito foto elétrico vemos que para o espectrômetro há uma discrepância em relação ao que foi medido por meio do experimento anterior.

V. CONCLUSÃO

Através do experimento foi possível analisar um espectroradiômetro e por meio dele caracterizar o espectro de emissão de diversas fontes, juntamente com a Responsividade do espectroradiômetro e a irradiância espectral das fontes. Por meio da análise da responsividade percebemos que para os comprimentos abaixo de 400 nm são extremamente afetados pelo ruído, desta forma não possuindo estimativas coerentes.

Para as lâmpadas de plasmas encontramos os picos previstos com uma boa eficácia porém não é possível encontrar todos os picos preciso teoricamente, devido à faixa específica do espectrômetro empregado.

Por fim para as transmitâncias podemos resumir os dados obtidos por meio da tabela 1, no qual para todos encontramos uma transmitância abaixo de 1, o que é esperado devido à perdas para o filtro.

REFERÊNCIAS

- [1] Roteiro Experimental.
- [2] Eisberg e Resnick, *Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas*, Sexta Edição.