

ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO

RESUMO

Neste experimento foi estudada a interação da radiação com a matéria, conhecido como espectroscopia. Após a calibração do aparelho (espectômetro) analisou-se diversos tipos de fontes, como lâmpadas LED's, e como era o espectro de luz emitido por elas.

INTRODUÇÃO

A espectroscopia está relacionada com a excitação do átomo que está em seu estado fundamental. Na espectroscopia de absorção, algumas frequências são absorvidas quando a radiação é incidida sobre o átomo. Entretanto, quando uma partícula é excitada ocorre a produção de radiação, fazendo com que a partícula mude para um nível de energia mais baixo, emitindo energia na forma de fóton. [1]

Ademais, quando ocorre o ~~estímulo~~^{estímulo} de uma fonte de energia, esta emite um espectro de emissão característico. Assim, a espectroscopia de emissão caracteriza fontes que emitem radiação óptica e pode mensurar a densidade de fótons emitidos.

OBJETIVO

Compreender a instrumentação de um sistema experimental empregado em espectroradiometria óptica. Determinar o espectro

de emissão de diferentes fontes emissoras, calibrar um espectroradiômetro ~~de diferentes fontes emissoras~~ e calcular a densidade de fótons emitidos por lâmpadas e LED's.

MATERIAIS E MÉTODOS

No experimento utilizou-se lâmpadas halógena, fluorescente, de plasma e incandescente; LED's de cores variadas, um espectrômetro e um computador com software específico para a prática.

Inicialmente foi feita a calibração e transformação do espectrômetro para que ele se comportasse como um espectroradiômetro.

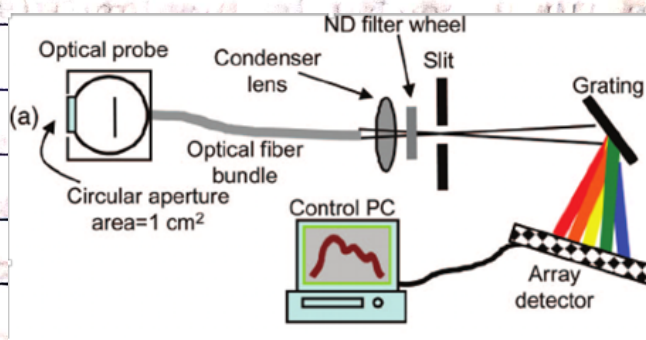


FIGURA 1: Representação de um espectrômetro;

O funcionamento do espectrômetro se resume quando a luz incidente atravessa um colimador em direção a uma grade de difração e, ao passar pela grade, atinge um detector que vai emitir o sinal através do efeito fotoelétrico. [1]

A calibração do espectrômetro deve ser realizada para se ter um espectroradiômetro capaz de determinar a radiação espectral de uma fonte. Assim, utilizando uma lâmpada de halógeno e determinando a região espectral entre 350 - 800 nm, inseriu-se o sonda da fibra óptica na saída da luz da fonte halógena e escolheu-se um tempo de integração

para que fosse sendo coletada as medidas, e o espectro coletado será a intensidade da fonte.

Com a lâmpada desligada mediu-se o sinal de fundo gerado, e este será o espectro da intensidade de fundo. Com o espectro calibrado da lâmpada, para que possa ser criado um espectroradiômetro, foi determinado a responsividade espectral (R):

$$R = \left(\frac{I_{\text{lâmpada}} - I_{\text{fundo}}}{\Delta t} \right) \quad (1)$$

(C.) I calibra

É, para a determinação da irradiância espectral:

$$I_{\text{irrad. spec.}} = \left(\frac{I_{\text{lâmpada}} - I_{\text{fundo}}}{\Delta t} \right) \quad (2)$$

Ademais, utilizando filtros coloridos e um LED branco, foi determinado o espectro de ~~emissão~~ transmissão (T):

$$T = \frac{I_r}{I_o} \quad (3)$$

sendo I_o a intensidade do LED branco e I_r a intensidade transmitida.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. O diagrama do espectro radiômetro pode ser visto na figura 1, na representação do espectrômetro. Isto porque o espectrômetro, ~~quando~~ quando calibrado, é um espectroradiômetro.

2. A irradiância espectral é a medida radiométrica fornecida por espectroradiômetros, e sua unidade representa a potência irradiada por unidade de área e por unidade de comprimento de onda. Sendo:

$$I = \frac{\Phi E}{\lambda} \quad (4)$$

sendo Φ o fluxo de fótons na unidade de número de fótons por metro segundos [n° de fótons / $\text{m} \cdot \text{s}$], e I a irradiância espectral.

$$P = \frac{E}{\Delta t \cdot \lambda} \quad (5)$$

sendo P a potência espectral.

Assim, com os valores de irradiância ~~espectral~~ da lâmpada de halógeno fornecida pelo fabricante, a intensidade da fonte calibrada, a intensidade do fundo e o tempo de integração, usou-se a equação (4) e calculou-se R :

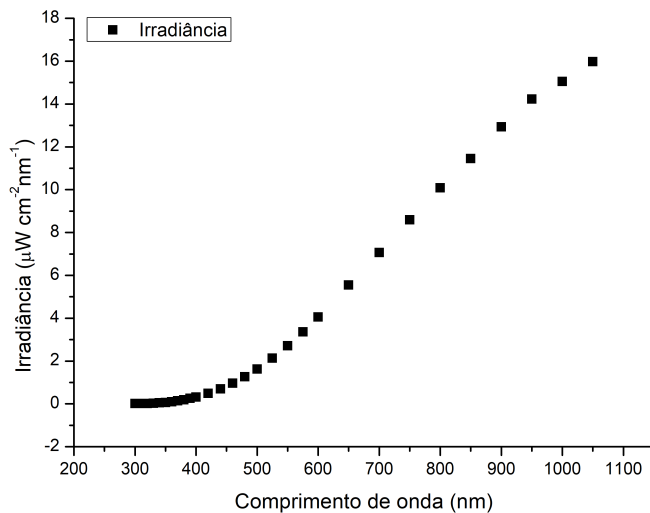


FIGURA 2: Gráfico da irradiância espectral da fonte calibrada fornecida pelo fabricante;

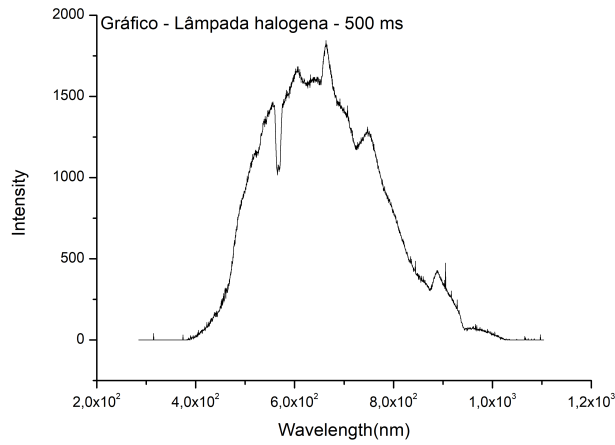


FIGURA 3: Gráfico da intensidade medida da lâmpada halógena no tempo de integração 500 ms;

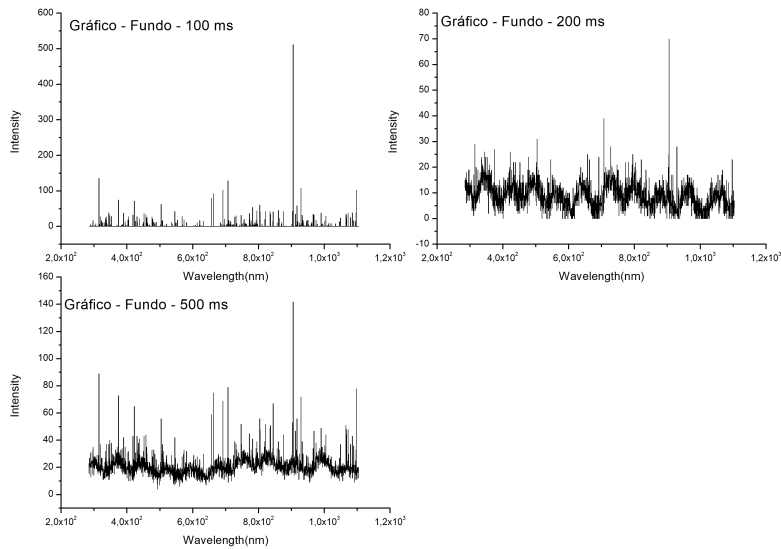


FIGURA 4: Gráficos da intensidade de fundo medida em três tempos diferentes;

Fazendo a interpolação do gráfico da figura 3 com o gráfico da figura 2, e aplicando na equação 1, tivemos:

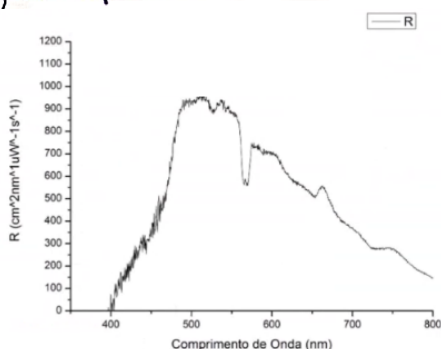


FIGURA 5: Gráfico da sensibilidade calculada;

No gráfico da figura 5 determinou-se a responsividade (R), a qual é capaz de calibrar o espectrômetro e fazê-lo com que ele tenha a função de um espectroradiômetro. Ademais, pode-se notar no gráfico que valores de comprimento de onda abaixo de 450 nm possuem muito ruído e, para abaixo de 400 nm o valor de R foi negativo, o que implicará variações em resultados que utiliza essa faixa de frequência.

3. Com a função de espectroradiômetro, foi possível determinar o espectro de emissão e a irradiância espectral do LED branco:

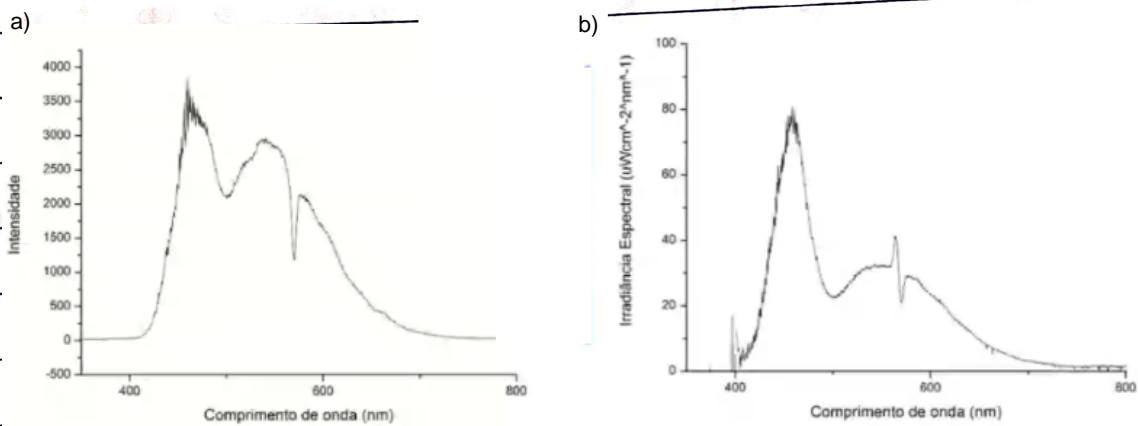


FIGURA 6: Em a) gráfico do espectro (intensidade \times comprimento de onda) do LED branco; b) gráfico da irradiância espectral no LED branco;

Como podemos notar no gráfico acima, na parte (a) entre $480 - 550 \text{ nm}$ ocorre picos que em (b) ~~foram~~ não são vistos*. Esse fato ocorre devido a calibração do aparelho, o qual detecta a quantidade de fótons, ou seja, de corrente, para aquele comprimento de onda, sendo que, como houve uma diminuição da intensidade, tem-se um maior número de fótons naquela região.

*CORRIGINDO: não são vistos com tanta intensidade.

4.5. Com uma luz branca e filtros de diferentes cores, foi determinado o espectro de transmissão e o espectro de intensidade da fonte (com e sem os filtros).

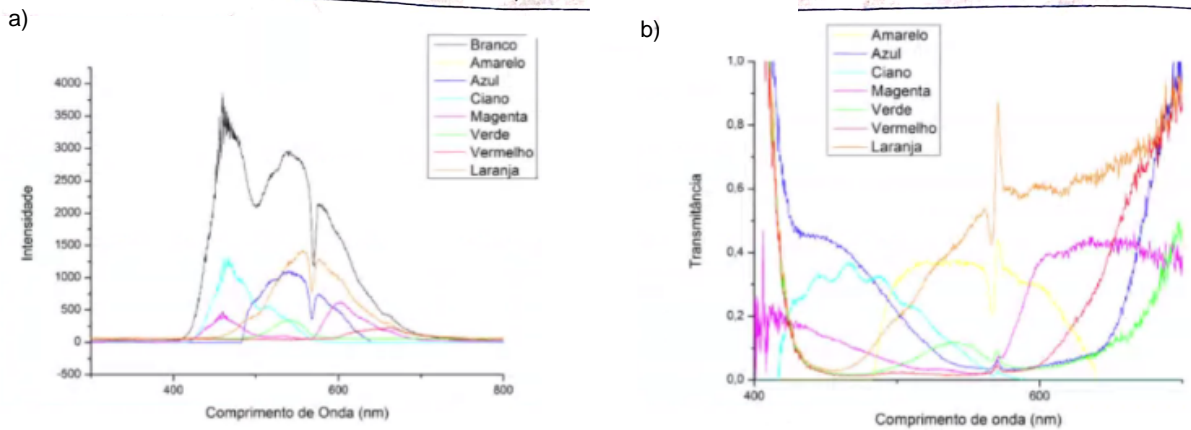


FIGURA 7: Em a) gráfico do espectro da intensidade em função de comprimento de onda para a luz branca com filtro e sem filtro; b) gráfico da transmitância dos filtros calculado pela equação 3;

Os gráficos estão restritos a região do espectro visível de 400-700 nm. Como pode-se notar, nos gráficos, ocorre muitos ruídos nas extremidades, ~~estes~~ ocasionados pela transmitância.

6. O menor comprimento de onda transmitido foi considerado o ~~menor~~ comprimento de onda com 10% de transmissão. Assim, para cada cor:

TABELA 1: Análise de comprimento de onda e transmitância;

Cor	Comprimento de onda de corte (nm)	Comprimento de onda máximo (nm)	Transmitância máxima
Amarelo	485 a 638	570	0,43
Azul	560	439	0,45
Ciano	417 a 560	466	0,37
Laranja	454	570	0,85
Magenta	567	636	0,43
Verde	492 a 599	542	0,11
Vermelho	593	668	0,65

Como expusso na tabela 1, os filtros amarelo, ciano e verde possuíam dois comprimentos de onda de corte, e podem ser considerados filtro de banda. Temos que o filtro verde possui um baixo valor de transmitância. Ademais, o filtro diminuiu o valor de transmitância (deixa de ser 100%). Comparando os resultados obtidos para o comprimento de onda máximo com os obtidos no experimento de Efeito Fotoelétrico (vide página 32), vemos que os resultados foram próximos, mostrando a precisão nos dados do experimento.

8. As lâmpadas de plasma emitem luz devido a passagem de corrente elétrica pelo gás, fazendo com que os elétrons ganhem e emitem energia. Foi determinado o espectro de emissão das lâmpadas de plasma, o qual é intenso e muito estruturado, impossibilitando o cálculo da irradiância espectral.

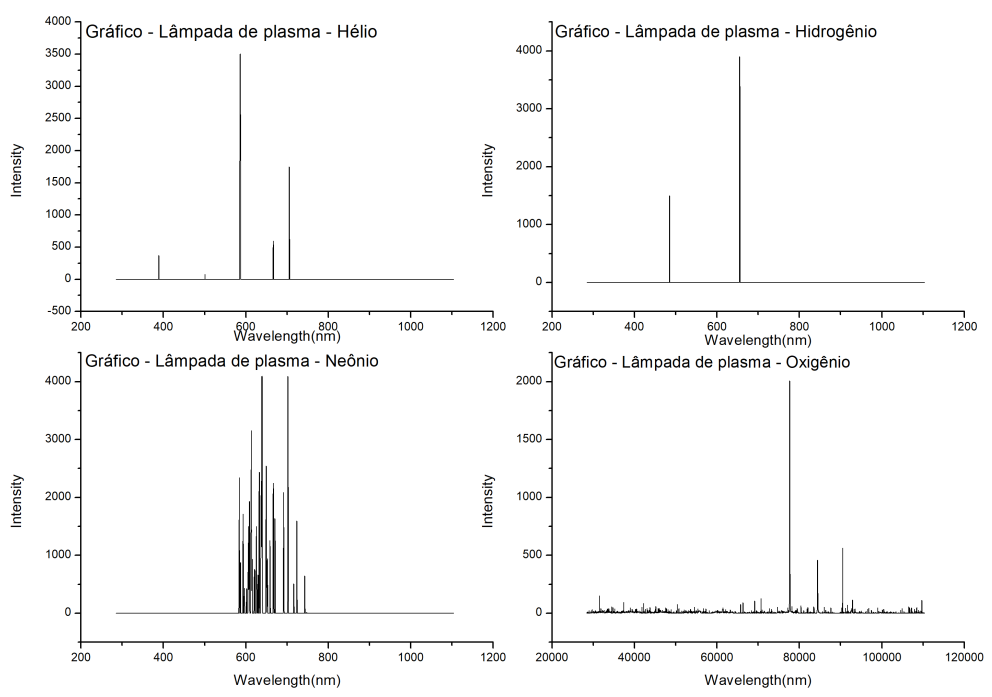


FIGURA 8: Gráfico dos espectros das lâmpadas de plasma;

9. Foi analisado todos os picos de emissão e comparados com os valores do experimento de Balmer.

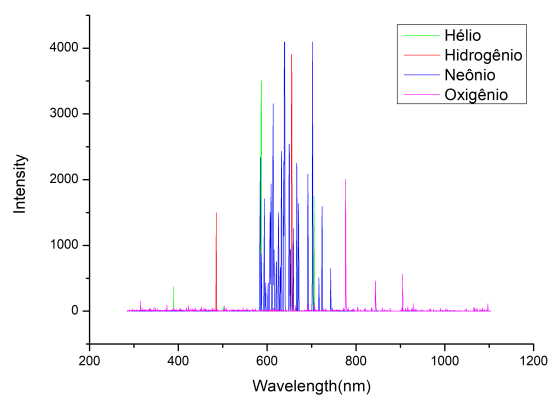


FIGURA 9: Gráfico dos espectros das lâmpadas de plasma para comparação;

TABELA 2: Valores dos picos de emissão;

Lâmpadas	Picos de emissão (nm)		
	Espectroscopia	Série de Balmer	Teórico
Hidrogênio	486	433	389
	656	484	397
		585	410
		651	434
			486
Hélio			656
	389	450	416
	501	484	427
	586	501	441
	667	518	469
	705	585	502
Neônio			651
			733
			668
	639	450	614
	702	534	585
Oxigênio			640
			618
			703
			651
			618

Analisando a tabela observa-se que os valores estão próximos do esperado, entretanto vemos que o hidrogênio, quando determinado pelo experimento da Série de Balmer, não possui um resultado tão preciso, já que o experimento foi desenvolvido es-

pecificamente para ele.

10. As lâmpadas fluorescentes possuem em seu interior um material composto pelo elemento fósforo que, ao ter seus átomos excitados por radiação UV, emitem luz visível. Foi determinado o espectro de emissão de uma lâmpada fluorescente que ilumina a sala de laboratório, posicionada no teto.

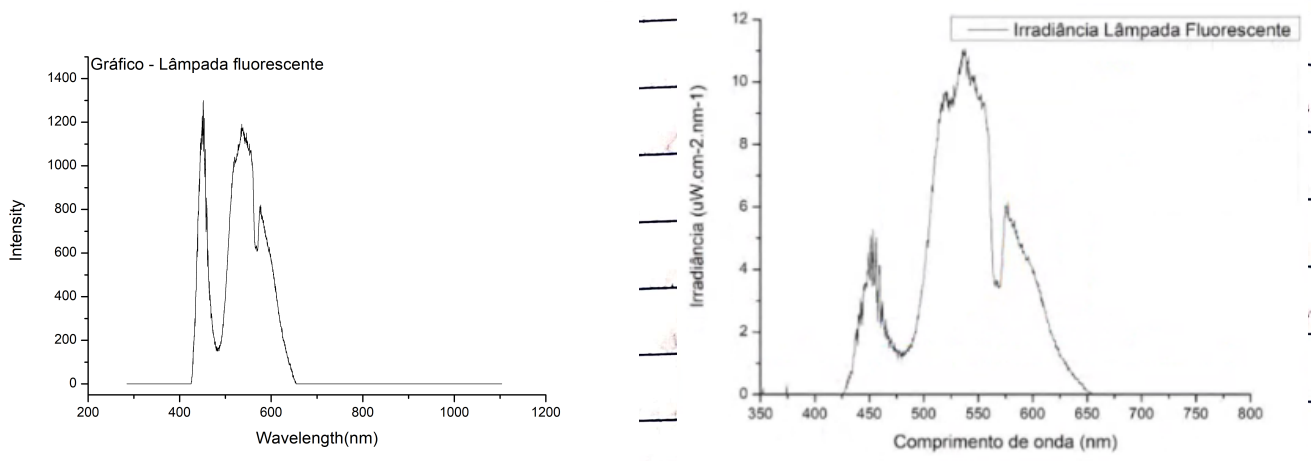


FIGURA 10: gráfico do espectro da lâmpada fluorescente;

11.12.13. Quando a corrente passa pelo LED, como ele é um semicondutor, a interação entre p e n resulta na emissão de luz. Foi feito o espectro de emissão dos LED's e um gráfico da irradiância espectral.

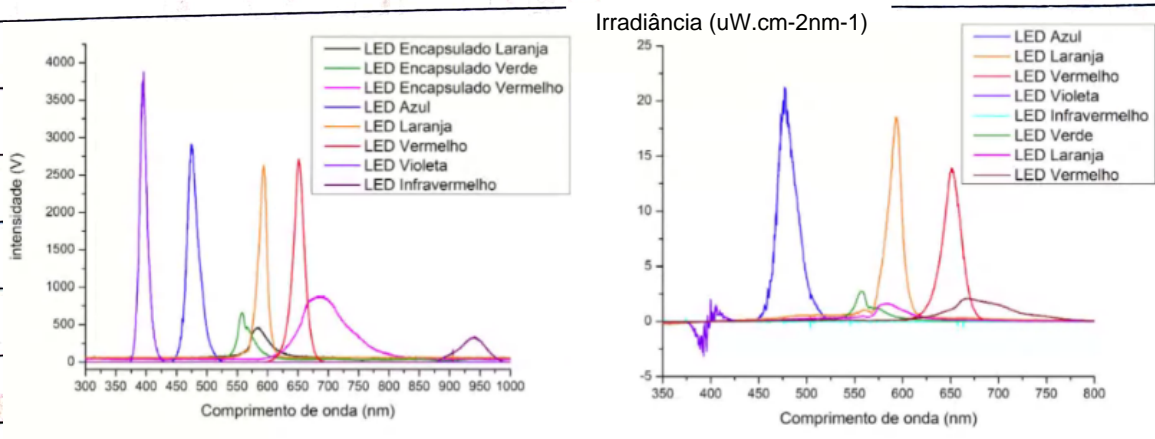


FIGURA 11: Gráfico do espectro dos LED's;

Comparando o pico de intensidade vemos que o LED encapsulado tem uma intensidade menor que o LED normal, visto que, quando $\hat{\nu}$ ^{verustido} \uparrow , ocorre uma diminuição no $\hat{\nu}$ ^{bulho} \uparrow , ou seja, na luz emitida pelo LED.

14. Foi feita uma tabela dos comprimentos de onda de pico para os LED's:

TABELA 3: Valores do comprimento de onda de pico;

Comprimento de onda de pico (nm)	
LED's transparentes	
Azul	476
Laranja	593
Violeta	394
Vermelho	652
Infravermelho	-
LED's encapsulados	
Laranja	583
Verde	558
Vermelho	667

Depois de analisar o LED, podemos ver que existe uma semelhança entre o espectro do LED branco com o espectro da lâmpada fluorescente, o que não é o esperado quando se analisa o espectro teórico de ambos. Logo, pode-se concluir que a lâmpada do laboratório era, na verdade, de LED, e por ter uma distância maior, a propagação da onda seria diferente e seu espectro tem uma menor intensidade quando comparado com o LED branco da figura 11.

15.16. A lâmpada de filamento (de tungstênio) emite luz quando o filamento é aquecido, ou seja, por radiação térmica. Foi feito um gráfico do espectro de emissão da lâmpada e um gráfico da irradiância espectral. Segue:

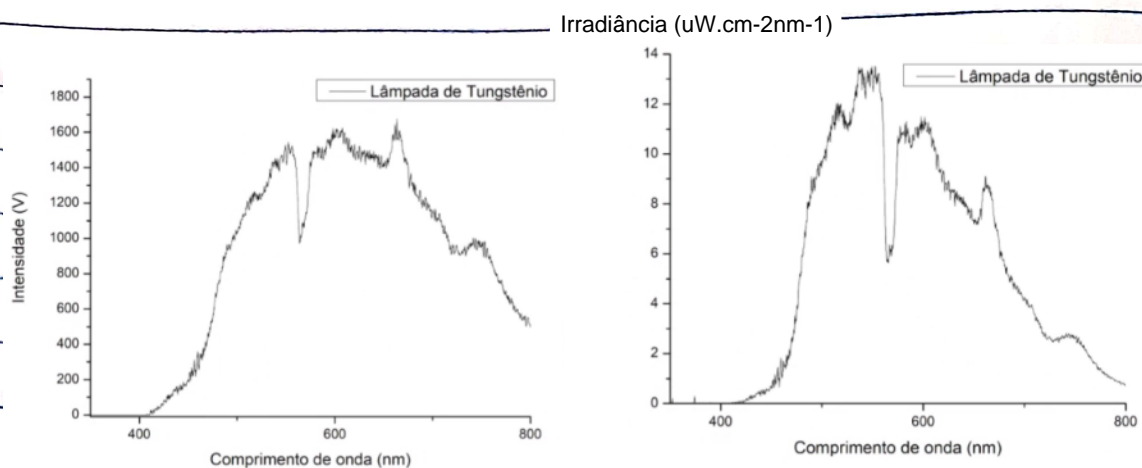


FIGURA 12: gráfico do espectro da lâmpada de filamento;

17.18. O item 17 não pode ser suspondido por não termos os dados e o item 18 foi suspondido na metodologia.

19. Pela lei de Wien e de Planck, quando ocorre um aumento de temperatura, a frequência é deslocada fazendo com que o comprimento de onda corresponda a máxima irradiância espectral.

20. Não, a lei de Wien não se aplica a todas as lâmpadas do experimento, somente as lâmpadas de filamento que são a lâmpada de halogênio e a lâmpada de tungstênio que, por radiação térmica, emitem luz.

21. A irradiância é definida como o fluxo radiante recebido por unidade de área: $E_e = \frac{\partial \Phi_e}{\partial A}$, sendo Φ_e o fluxo radiante recebido e A a área. As unidades são Wm^{-2} . A irradiância espectral pode ser dada como $E_x = \frac{\partial E}{\partial \lambda}$, sendo λ a frequência.

A potência determina a quantidade de energia comidida por uma fonte a cada unidade de tempo: $P = E/\Delta t$, e a potência espectral: $P_x = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{\Delta T} \int_{-T}^T x(t)^2 dt$.

109

22. É possível observar mais linhas com o telescópio e com o olho, como visto no experimento Série de Balmer, do que com o espectro-radiômetro, pois o aparelho possui um limite de detecção que o telescópio e o olho não têm.

23. O mais adequado para diferenciar picos de emissão que estão posicionados muito próximos um do outro é o espectroradiômetro, pois o olho não seria tão capaz de detectar pequenas angulações como o espectroradiômetro, ao detectar os picos.

CONCLUSÃO

No experimento foi observado que, por meio da calibração de um espectrômetro era possível ter um espectroradiômetro que detectava os diferentes espectros e irradiância de diferentes lâmpadas usadas, além de observar o espectro dos LEDs com e sem filtro, e como o filtro interfere na intensidade.

REFERÊNCIAS

[1] pt.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia-UV/visível < acessado em 20/11/2020 >;

[2] Eisberg, R. e Resnick, R. - "Física moderna";