



## VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DA RODAMINA-B E FLUORESCEINA EM UM FLUORÍMETRO DE BAIXO CUSTO CONTROLADO POR ARDUINO

Augusto Pinho de Freitas <sup>1\*</sup>  
Guilherme Soares de Sousa <sup>1</sup>  
João Pedro Martins Borges <sup>1</sup>  
Nicolas Ryuichi Ynoue Assao <sup>1</sup>

Orientador: Prof.<sup>o</sup>. Dr. Fabio Rizzo de Aguiar

Coorientadoras: Prof.<sup>a</sup> Aline Alves ramos e Prof.<sup>a</sup> Thais Taciano dos Santos

### RESUMO

A Espectroscopia é uma coluna no setor da química analítica, sem ela não seria possível muitas das inovações e procedimentos que se tem hoje. O Fluorímetro é a base para o estudo da fluorescência ramo da espectroscopia, sendo ele de grande importância para determinação da concentração, absorção e emissão de substâncias que emitem fluorescência (fluoróforos).

O intuito deste trabalho foi desenvolver a validação da metodologia de análise no Fluorímetro de baixo custo integrado ao Arduino. Isso ocorreu, com a averiguação do aparelho por meio da comparação com o Espectrofotômetro de Absorção Molecular (EAM). Tendo como resultado, um equipamento capaz de fazer análises qualitativas, porém sem êxito em análises que envolvem mais de uma amostra, ou seja, quantitativas.

**Palavras-chave:** Fluorímetro de baixo custo. Averiguação. Fluoróforos.

### ABSTRACT

*Spectroscopy is one fundamental pillar of knowledge for analytical chemistry, without such most of the innovations and currently known procedures would not be able to occur. The fluorimeter is one of the bases for the study of fluorimetry, a field of spectroscopy, being of major priority for determining concentration, absorption and emission concerning chemical substances which emit fluorescence.*

*This final paper main objective was to develop and validate the methodology of analysis utilizing a low-cost fluorimeter integrated with Arduino. What occurred through the ascertainment of the built device comparing its results with those acquired from the Molecular Absorption Spectrophotometer. Having as a result, an equipment able to perform qualitative analysis, however without success when it comes to analysis involving more than one sample, that is quantitative analysis.*

**Keywords:** Low-cost fluorimeter. Ascertainment. Fluorophore.

---

<sup>1</sup> Curso Técnico em Química – ETEC Irmã Agostina  
Av. Feliciano Correa s/n – Jardim Satélite - CEP 04815-240 - São Paulo – Brasil  
\* tccgrupofluorimetro@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

A química analítica é um importante ramo da “Ciência de Medição”, tendo diversas metodologias para determinação quantitativa e qualitativa de substâncias. É amplamente usada na Ciência como um todo, sendo um dos seus pontos de estudo a espectroscopia. (SKOOG, 2005)

A espectrometria é o estudo das interações da matéria com radiações eletromagnéticas. Segundo Alcantara (2002), muito do nosso avanço científico em relação à estrutura material e suas interações, vem de metodologias espectroscópicas. No conjunto de objetos de estudo da espectroscopia, há os fluoróforos, substâncias que emitem fluorescência.

A química sendo um ramo científico, necessita de divulgação. O ensino prático dela, está diretamente atrelado a grandes custos, assim sendo de difícil acesso econômico a instituições educacionais comuns. Visto isso, é necessário a redução do valor de mercado dos itens base para o estudo de química.

Encontrando-se em estado correspondente, a fluorimetria, que é principalmente custosa em questão de estudo pelo equipamento utilizado, assim se viabilizado outro com custo menor de mercado e que possua qualidade equivalente, podendo amenizar a adversidade de desembolso. (SAGAN,1995).

Contudo, é necessário um breve esclarecimento sobre a área de estudo que aborda a compreensão de análise dessas substâncias, a fluorescência, assim citando os fenômenos luminescentes que são definidos como, a emissão de fótons de substâncias que se encontram no estado excitado. Por sua vez, a Fluorescência faz parte deste grupo, sendo seu diferencial aos demais processos, sua maneira de estímulo eletrônico e sua configuração eletrônica no estado excitado. (REZENDE, 2016).

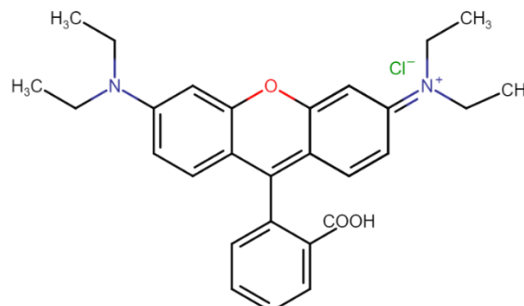
Uma molécula de característica fluorescente decorre por vários processos de decréscimo de energia. À vista disso, a energia de emissão habitualmente será inferior à de absorção, portanto, seu comprimento de emissão sucederá em comprimentos de onda maiores a absorção. (REZENDE, 2016).

Essa diferença entre os comprimentos de onda da molécula fluorescente é denominada Desvio de Stokes ou Deslocamento de Stokes, este sendo fundamental para a qualificação de fluoróforos, visto que, cada substância possui um Desvio de Stokes característico. (FERREIRA, 2014).

Os principais fluoróforos empregados nesse trabalho foram Rodamina-B e Fluoresceína Sódica,

sendo respectivamente decorridos a seguir: Rodamina é o nome dado genericamente a um grupo de compostos orgânicos conhecidos como fluoronas. Eles são usados como corantes de rastreamento para determinar a vazão e direção do fluxo de água. (COSTA,2009). A fórmula estrutural da RB está representada na Figura 1.

**Figura 1: Fórmula Estrutural da RB**

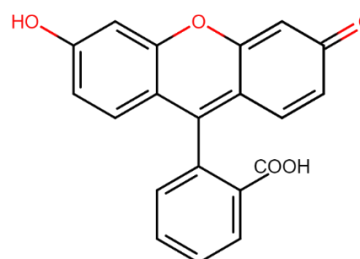


**Fonte: Próprio autor, 2021**

Rodamina-B é uma substância fluorescente, sendo assim, o seu espectro de absorção (ABS x Comprimento de onda), está entre 500 nm e 600 nm, sendo o pico máximo de 555 nm. Já no espectro de emissão (Intensidade x  $\lambda$  de emissão) está entre 565 nm e 610 nm, sendo o pico de máxima emissão de 580 nm. (CARVALHO, 2005).

Já a Fluoresceína sódica pertence ao grupo de corantes xantênicos. É uma substância com alto índice de fluorescência, tanto que é ideal para diversas aplicações, como na medicina, na ciência e na armazenagem de energia solar. Foi sintetizada pela primeira vez em 1871 por Von Baeyer, a partir de condensação dos derivados do petróleo. (CARVALHO, 2005). Sendo a fórmula estrutural da FS representada na Figura 2:

**Figura 2: Fórmula estrutural da FS**



**Fonte: Próprio autor, 2021**

O espectro de absorção (ABS x Comprimento de onda) da FS está entre 430 nm e 540 nm, sendo a pico de máximo de 490 nm. Já no espectro de emissão (Intensidade x  $\lambda$  de emissão) está entre 490 nm e 580 nm, sendo o pico de máxima emissão de 515 nm. (CARVALHO, 2005).

Posteriormente ao apresentado, este trabalho dispôs do objetivo geral a validação do

método de análise para quantificação de Rodamina-B e Fluoresceína por meio do fluorímetro controlado por Arduino. Para que isso fosse possível, foi indispensável que os dados passassem por tratamento estatístico. Conjuntamente ao objetivo geral, seguem os específicos, como a montagem do aparelho, propriamente sendo a construção da estrutura física do fluorímetro de baixo custo; apuração do código, de forma que seu funcionamento fosse validado;

Desenvolve se por meio da curva de calibração as análises das figuras de mérito, assim comparando os dados obtidos com o equipamento de referência.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1. MATERIAIS

Para a realização dos procedimentos foram utilizados os seguintes reagentes: Fluoresceína Sódica, Rodamina-B e água tônica. Junto a isso também foi necessário a utilização dos seguintes equipamentos para que os procedimentos fossem efetuados: Um Espectrofotômetro Faixa Uv/visível, do fornecedor Nova© (Paraná, Brasil); uma cubeta de Quartzo com 4 faces Polidas, do fornecedor Loja Synth© (São Paulo, Brasil); uma Balança analítica, modelo AG200, marca Gehaka© (São Paulo, Brasil); e uma Capela de Exaustão, modelo Q216-2, marca QUIMIS© (São Paulo, Brasil).

### 2.2. MÉTODOS

Para constituição do aparelho é necessário a montagem, que é feita a partir de peças de madeira MDF, cortadas por uma máquina de corte a laser, unidas por cola de madeira, e parafusadas. Posteriormente adicionados os periféricos do Arduino e o próprio Arduino já com o código. Com isso feito, foi realizado testes brutos do código, para isso efetivamos análises com água destilada e água tônica. Vale ressaltar que a água tônica possui em sua composição quinina, uma substância fluorescente.

Para controlar o aparelho foi utilizado um Arduino UNO, seu código realiza 10 análises e retorna uma média, além disso, foi feito 10 leituras no fluorímetro, 10 médias, dessa forma totalizando 100 análises de cada amostra, tendo 6 amostras com o branco, que se soma 600 dados no total. Como visor para o manuseio, foi utilizado um display LCD, que tem ótima interação entre usuário e tela, possuindo opções, como a curva de calibração e análise, selecionados de acordo com os botões do Arduino.

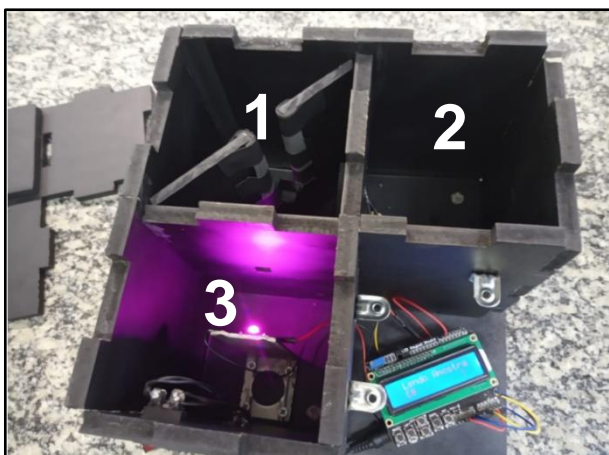
Para as análises quantitativas, foram preparadas soluções-padrão, em meio aquoso, em 5 diluições de RB e FS, sendo de 5 ppm; 4 ppm; 3 ppm; 2 ppm; 1 ppm e 18 ppm; 14 ppm; 10 ppm; 6 ppm e 2 ppm, respectivamente. As soluções-padrão foram analisadas no EAM e no fluorímetro, contra o branco, sendo realizadas 3 ensaios. As análises permitiram a obtenção do espectro de absorção das espécies estudadas bem como a construção das curvas de calibração nos formatos: Absorbância por Concentração ( $A \times C$ ) e Intensidade de Emissão Luminosa por Concentração ( $I \times C$ ). Em função de diferenciar absorção e emissão, vale ressaltar que, o processo de absorção é quando um átomo absorve energia, fazendo com que seus elétrons através do salto quântico busquem uma camada mais energética. Por conta do estado fundamental, naturalmente voltam a sua maior estabilidade, liberando energia luminosa durante sua volta, caracterizando emissão, aplicando-se no âmbito do estudo de substâncias fluorescentes. Em que  $I$  é uma unidade de medida arbitrária programada no Arduino que converte uma leitura em milivolts em um valor numérico proporcional de 0 a 10.000. Este valor arbitrário e autêntico foi calibrado a partir dos testes brutos do código.

Desenvolve se por meio da curva de calibração as análises das figuras de mérito, assim comparando os dados obtidos com o equipamento de referência (EAM). E os aplicativos utilizados foram *Software M-Wave Professional* e Excel, ademais utilizando-se do programa *'Thinkercad'* para os esquemas de ligação dos componentes eletrônicos e o código escrito na plataforma *'Arduino IDE'*. O esquema de ligação dos componentes eletrônicos e o seu código embarcado podem ser encontrados no anexo deste trabalho.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A parte interna do aparelho e suas divisões podem ser observadas na Figura 3.

**Figura 3: Parte interna do aparelho**

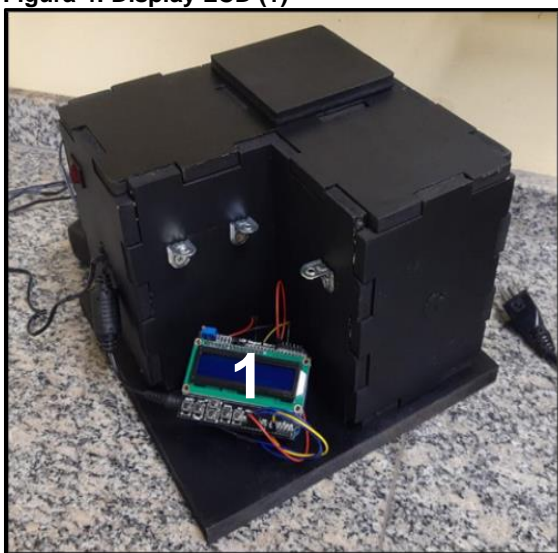


Fonte: Próprio autor, 2021

Sendo (1), a câmara da cubeta, que se posiciona a 90°, para que seja analisada apenas a emissão de fluorescência da amostra na cubeta e não da fonte luminosa presente; (2), o compartimento do detector e (3), a seção na qual se encontra a fonte luminosa. Como fonte luminosa foi utilizado uma lâmpada LED (*Light Emitting Diode*) de 3,8 V.

O *display* LCD (1), que pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Display LCD (1)



Fonte: Próprio autor, 2021

O sensor de luz utilizado foi o LDR (1), próprio para Arduino. Identificado na figura 5.

Figura 5: Sensor de luminosidade LDR (1).

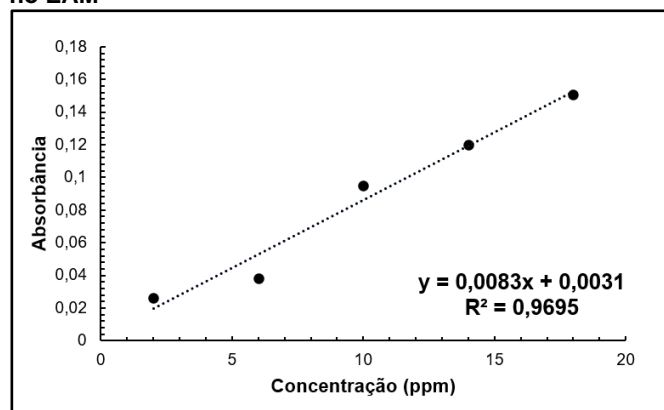


Fonte: Próprio autor, 2021

Pós demonstração das imagens do fluorímetro desenvolvido. A obtenção de resultados se deu por meio do EAM e do fluorímetro. Com isso foi possível tratar os dados e construir uma curva de calibração para cada análise de ambas as substâncias (Fluoresceína e Rodamina-B).

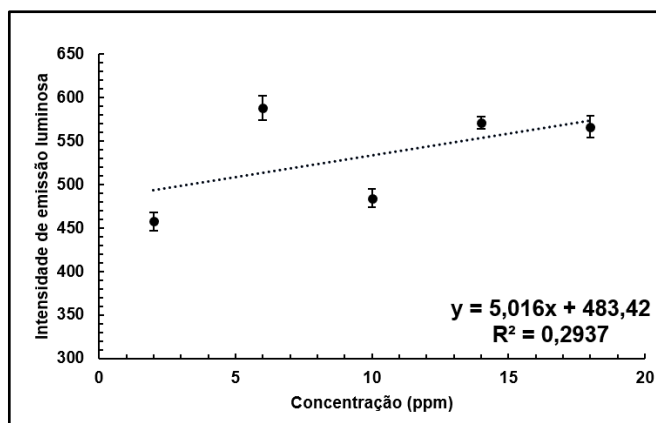
A primeira análise foi da Fluoresceína, onde foi possível obter os dados que podem ser observados nas Figuras 6 e 7:

Figura 6 Curva de Calibração de absorção realizada no EAM



Fonte: Próprio autor, 2021.

Figura 7: Curva de Calibração de emissão realizada no fluorímetro desenvolvido



Fonte: Próprio autor, 2021.

Como pode ser visto a análise no EAM apresentou linearidade e proporcionalidade, porém no fluorímetro de baixo de custo a mesma curva não foi possível. Visto que houve uma grande discrepância entre os valores de  $R^2$  obtidos, sendo o do EAM, 0,9695 e do fluorímetro, 0,2937. Disparidade essa possivelmente causada pela falta de estabilidade do aparelho construído, em função do LDR. Entretanto, ao analisar o conjunto das 10 medidas efetuadas sobre cada padrão, percebeu-se uma precisão muito grande entre as leituras. Como verificado nas 10 leituras realizadas sobre o padrão 3 estão na Tabela 1.

Tendo como valor da média 376,12 e valor do desvio padrão  $\pm 11,05087$ . O desvio padrão também é representado nas barras de erro que estão no gráfico, assim como nos outros ensaios.

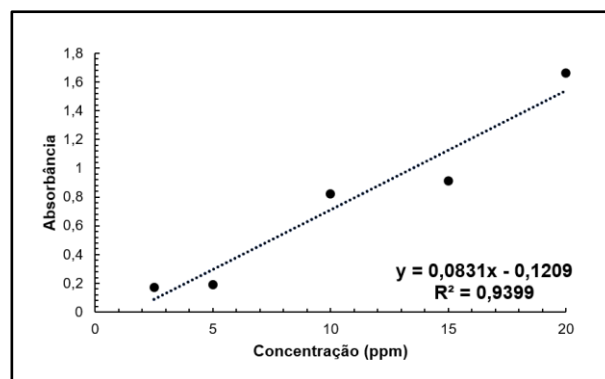
Tabela 1: Leituras do padrão 3

Leituras	Inte. de emissão luminosa
1	383,8
2	401,9
3	364,0
4	366,9
5	365,0
6	373,6
7	374,6
8	379,4
9	376,5
10	375,5

Fonte: Próprio autor, 2021.

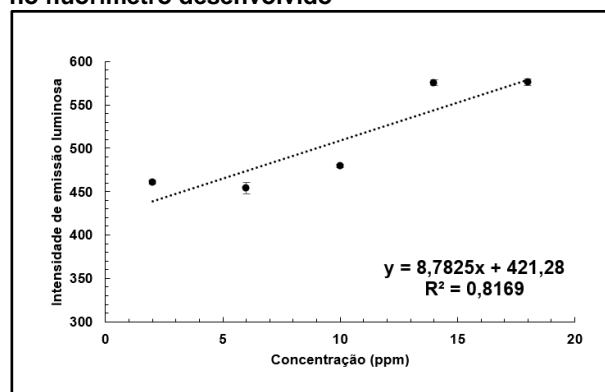
Indo adiante para a segunda análise, também de fluoresceína, foi possível obter os seguintes dados apresentados nas Figuras 8 e 9:

Figura 8: Curva de Calibração absorção realizada no EAM



Fonte: Próprio autor, 2021.

Figura 9: Curva de Calibração de emissão realizada no fluorímetro desenvolvido



Fonte: Próprio autor, 2021.

Já nessa análise, foi apresentada uma linearidade de maior semelhança, comparando ambas os métodos. Tendo um valor  $R^2$  advindo do fluorímetro similar ao da curva de calibração produzida no EAM. O valor de  $R^2$ , sendo respectivamente, de: 0,8169 e 0,9415. A maior linearidade encontrada no equipamento construído, permitiu a determinação de outras figuras não abordadas nas análises anteriores, como por exemplo, o Limite de Detecção (LD) do aparelho desenvolvido, o Limite de Quantificação (LQ) da técnica e a Sensibilidade Analítica (g) em cada um dos pontos.

Todas essas figuras de mérito são obtidas a partir da equação da reta, por esse motivo dependem de um  $R^2$  adequado. O (LD), é a quantidade mínima de analito que o aparelho vai ter a condição de ler. O (LD) é calculado de acordo com a Equação 1:

$$LD = \frac{3 \cdot s(\text{branco})}{a}$$

Onde, (s) é o desvio padrão do branco e (a) é o coeficiente angular da reta.

O (LQ) é a quantidade mínima de analito necessária para quantificação. A figura (LQ), é calculado a partir da Equação 2:

$$LQ = \frac{10 \cdot s(P_1)}{a}$$

Assim, (s) é o desvio padrão do primeiro ponto (P<sub>1</sub>) e, assim como a primeira Equação 1, (a) é o coeficiente angular da reta.

Por fim, (g) é Sensibilidade Analítica de cada um dos pontos da reta, sendo calculado pela Equação 3:

$$g = \frac{a}{s(\text{signal})}$$

Onde, (a) é o coeficiente angular da reta e (s) desvio padrão do sinal analítico, o desvio padrão dos pontos da reta.

Com as Equações de obtenção das figuras de mérito apresentadas, é possível determinar que, o valor de (LD) da curva é de 2,0518 ppm, o valor de (LQ) da curva é 2,9566 ppm, e os valores de (g) são mostrados na Tabela 2:

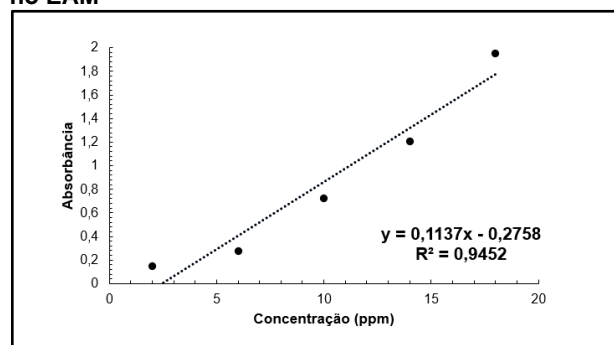
**Tabela 2: Valores obtidos pela Sensibilidade Analítica**

Sensibilidade Analítica (g)				
P1	P2	P3	P4	P5
3,3822	1,2770	4,2685	2,5312	2,1919

Fonte: Próprio autor, 2021

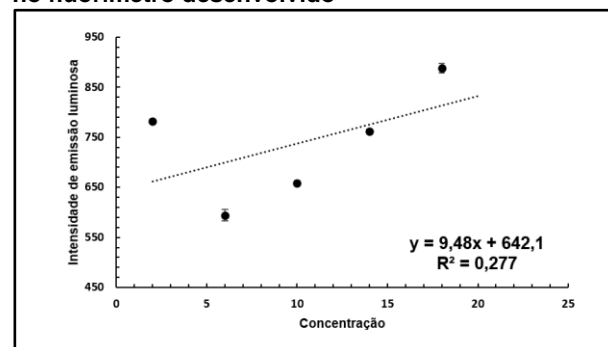
Prosseguindo a terceira análise de fluoresceína. Os dados estão representados abaixo nas Figuras 10 e 11.

**Figura 10: Curva de Calibração de absorção realizada no EAM**



Fonte: Próprio autor, 2021.

**Figura 11: Curva de Calibração de emissão realizada no fluorímetro desenvolvido**

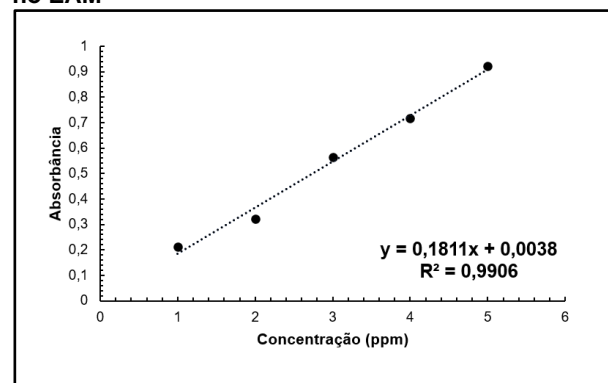


Fonte: Próprio autor, 2021.

Este conjunto de leituras, assim como o primeiro, demonstra uma falta de linearidade da curva de calibração no aparelho desenvolvido em relação ao EAM, sendo observado um valor de R<sup>2</sup> de 0,277 para 0,945 no EAM.

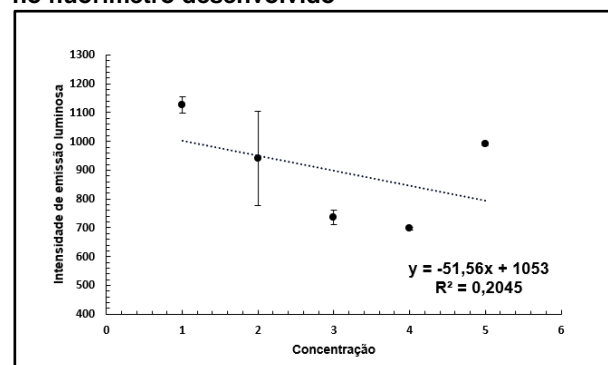
Nas análises da próxima substância, Rodamina-B. Exibindo os seguintes dados presentes nas Figuras 12 e 13:

**Figura 12: Curva de Calibração de absorção realizada no EAM**



Fonte: Próprio autor, 2021.

**Figura 13: Curva de Calibração de emissão realizada no fluorímetro desenvolvido**



Fonte: Próprio autor, 2021.

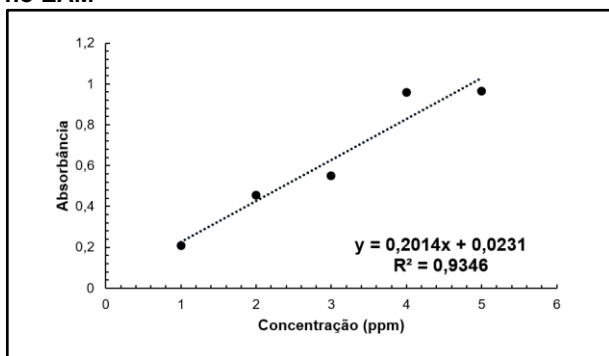
Diferentemente da segunda análise de fluoresceína, não há uma linearidade similar do EAM e o fluorímetro. Sendo 0,9906 e 0,2045 os valores de  $R^2$ , respectivamente. Além disso, o gráfico é decrescente, quando deveria ser crescente. Possui uma precisão boa, no entanto, há uma incoerência em relação ao segundo ponto, mas isso ocorre, devido ao fato de existir um intervalo de tempo entre as leituras da amostra, quando ocorreu a prática.

As análises, contrariando as expectativas, demonstram um decréscimo da intensidade luminosa emitida em função do aumento da concentração, e esse fato pode estar associado à cubeta de poliestireno utilizada nas análises de RB, tendo em vista que a cubeta de quartzo, de quatro faces polidas, acabou por quebrar acidentalmente em dado momento dos testes.

Em seguimento a Rodamina-B, a segunda análise apresentou os seguintes dados nas Figuras 14 e 15.

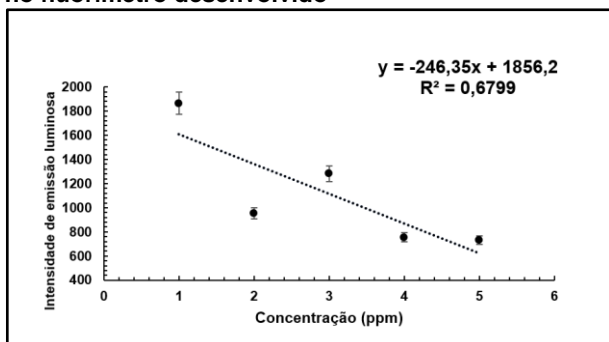
Novamente, a linearidade é altamente díspar, sendo visivelmente oposto entre EAM e fluorímetro. Com os  $R^2$  respectivos de: 0,9346 e 0,6799. Como pode ser visto, além da linearidade não ser aceitável, ela também é decrescente. Novamente, provavelmente o LDR não foi capaz de ter uma eficiência e estabilidade, causando assim, uma amostra de dados variáveis.

**Figura 14: Curva de Calibração de absorção realizada no EAM**



Fonte: Próprio autor, 2021.

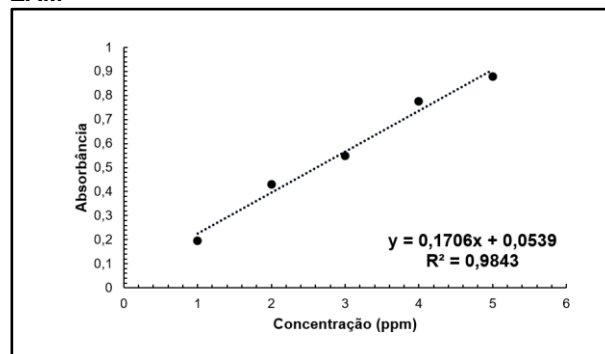
**Figura 15: Curva de Calibração de emissão realizada no fluorímetro desenvolvido**



Fonte: Próprio autor, 2021.

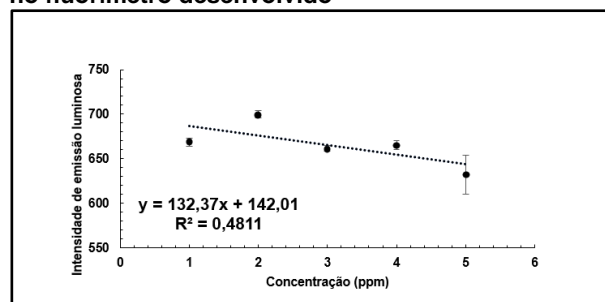
Por fim, a 3ª análise da RB, se encontram abaixo, nas Figuras 16 e 17.

**Figura 16: Curva de Calibração absorção realizada no EAM**



Fonte: Próprio autor, 2021.

**Figura 17: Curva de Calibração de emissão realizada no fluorímetro desenvolvido**



Fonte: Próprio autor, 2021.

Assim como as demais análises, as leituras realizadas no fluorímetro desenvolvido foram incoerentes com as exercidas no EAM. Sendo resumido o resultado da linearidade pelo  $R^2$  0,481 para  $R^2$  0,984. Incoerência assim constatada por CARVALHO no ano de 2005, que afirmou e comprovou que a fluorescência de Rodamina-B é diretamente proporcional a sua concentração

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção do aparelho foi um êxito. O teste do código bruto obteve um resultado positivo, mostrando assim, que o código de programação estava em perfeito funcionamento. O visor e o manuseio do aparelho, tem uma ótima relação entre usuário e equipamento. Entretanto os dados experimentais obtidos por meio das curvas de calibração, nos permitem concluir que essa configuração do aparelho não é adequada para análises quantitativas em laboratório, visto que o fluorímetro desenvolvido é instável quantitativamente, porém preciso qualitativamente. Sua instabilidade pode ser notada por meio dos resultados, visto que, em cada curva de calibração,

há uma enorme variação de dados. Uma demonstração disso, é que, não foi possível obter os mesmos resultados em análises consecutivas. Outro fator bastante expressivo, é a falta de linearidade, sendo visualizado de forma transparente nos gráficos, onde os valores são muito dispersos. Além disso, por vezes os gráficos são decrescentes, quando deveriam ser crescentes. A soma desses fatores resulta em uma linearidade instável e por vezes inexistente, demonstrada e resumida nos valores de  $R^2$ . Contudo os valores de desvio padrão apontam uma alta precisão, sendo só uma análise com valores abaixo do aceitável.

Para a melhoria e desenvolvimento do aparelho, é necessário a troca e aperfeiçoamento dos periféricos do Arduino. Principalmente o LDR, no qual é perceptível uma variação na captação da luz emitida pelos fluoróforos.

## ANEXOS

Os anexos contêm a estrutura do protótipo e seu código de programação.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à nossas Coorientadoras Professoras Thaís Taciano e Professora Aline Ramos do curso de Técnico em Química, também ao nosso Orientador Professor Dr. Fábio Rizzo, à instituição Etec Irmã Agostina por nos proporcionar e dar a oportunidade de realizar este trabalho de conclusão de curso. Aos nossos amigos, colegas e familiares por dar apoio e ajuda.

## REFERÊNCIAS

ALCANTARA JR, Petrus. **Espectroscopia molecular**. Departamento de Física, Universidade Federal do Pará. Curso Física Moderna II-março, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Petrus-AlcantaraJr/publication/267222966\\_ESPECTROS\\_COPIA\\_MOLECULAR/links/558c133908ae591c19d9e888/ESPECTROSCOPIA-MOLECULAR.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Petrus-AlcantaraJr/publication/267222966_ESPECTROS_COPIA_MOLECULAR/links/558c133908ae591c19d9e888/ESPECTROSCOPIA-MOLECULAR.pdf). Acesso em: 19/09/2021.

BIM JUNIOR, Odair. **Efeito de adição de rodamina B e fluoresceína sódica a sistemas adesivos não simplificados: aspectos fotofísicos e físico-químicos**. 2017. 165 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Odontologia de Bauru-FOB/USP, São Paulo. 2017. Acesso em: 12/10/2021.

CARVALHO, Fernanda Santos. **Filmes e beads à base de quitosana**. 2005. Dissertação de

mestrado (pós-graduação em química) - química, [s. L.], 2005. Acesso em: 04 jun. 2021

COSTA Leonardo Lopes. **Aplicação de nanotubos de titâniana fotodegradação de corantes**. Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em química, unb. Brasília, 2009. Acesso em: 04 jun. 2021

FERREIRA, Ernando Silva. **Introdução às espectroscopias de absorção e fluorescência: aplicações farmacêuticas**. Caderno de física da uefs: 12, 2014. Acesso em: 27 abr. 2021

REZENDE, Lucas Cunha Dias. **Síntese, caracterização e aplicações de fluoróforos derivados do bodipy**. 2016. 181 f. Tese (doutorado em produtos naturais e sintéticos) - faculdade de ciências farmacêuticas de ribeirão preto, university of são paulo, ribeirão preto, 2016. Acesso em: 06 jun. 2021.

SAGAN, Carl. **O mundo assombrado pelos demônios**. [S. l.: s. n.]. p 373. 1995. Acesso em: 27 abr. 2021

SKOOG, Douglas et al. **Fundamentos de química analítica**. 8. Ed. Brasília - df - brasil: thomson, 2005. 1124 p. Acesso em: 01 jun. 2021.

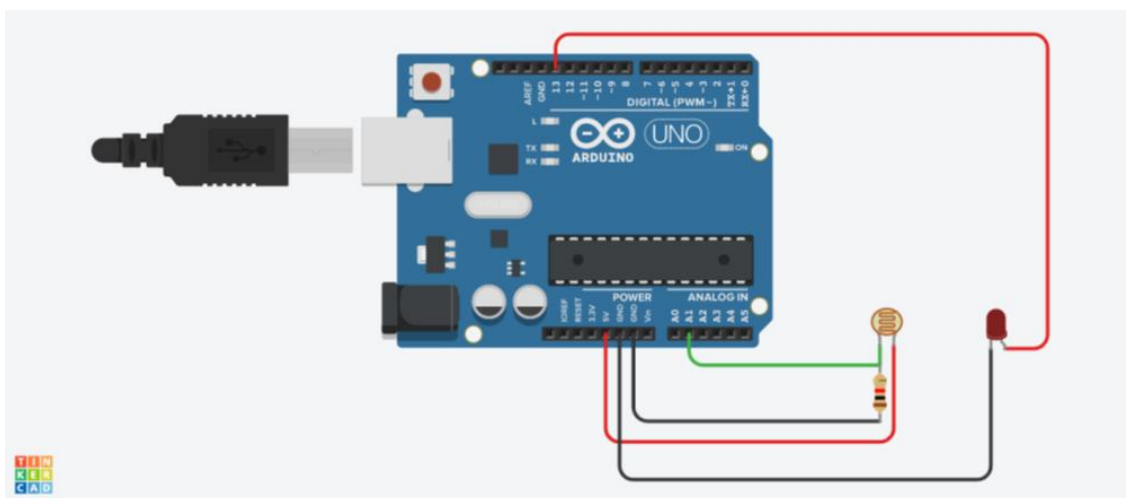


## ANEXO 1 – ESQUEMA DE PROTOTIPAÇÃO DO APARELHO

### MATERIAS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- ✓ Arduino UNO
- ✓ Fontes de energia e fios
- ✓ Lâmpada (LED de 3,8V)
- ✓ Sensor de luminosidade (*LDR*)
- ✓ Peças de Madeira (*MDF*)
- ✓ Visor (*display LCD*)

### ESQUEMA ELÉTRICO:



**ANEXO 2 – CÓDIGO-FONTE:**

```

#include <LiquidCrystal.h> //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA

LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7); //PORTAS DO ARDUINO QUE SÃO UTILIZADAS
PELO SHIELD KEYPAD DISPLAY LCD

//Caracteres especiais
byte DIREITA[] = {
  B00000,
  B01000,
  B01100,
  B01110,
  B01111,
  B01110,
  B01100,
  B01000,
};
byte ESQUERDA[] = {
  B00000,
  B00010,
  B00110,
  B01110,
  B11110,
  B01110,
  B00110,
  B00010,
};
byte CIMA[] = {
  B00000,
  B00100,
  B00100,
  B01110,
  B01110,
  B11111,
  B00000,
  B00000,
};
byte BAIXO[] = {
  B00000,
  B11111,
  B01110,
  B01110,
  B00100,
  B00100,
  B00000,
  B00000,
};

//Variáveis:
int LDR = A1,
    LED = 13,
    statusBotao, k, valorMIN = 0,
    valorMAX = 10000,
    numAnalises = 1,
    numRepet = 10,

    // Inicia com 1 valor a mais do que o numRepet:

    valoresArr[11];

float valorLDR, leituraLDR = 0,
    soma, media = 0;

String comando = "";

String loading = "";

```

```

void setup() {
  Serial.begin(19200);
  pinMode(LED, OUTPUT); // Inicialização de LED UV
  lcd.begin(16, 2); //SETA A QUANTIDADE DE COLUNAS(16) E O NÚMERO DE LINHAS(2)
DO DISPLAY. EM SUMA: UMA MATRIZ DE 16 COLUNAS E 2 LINHAS
  lcd.createChar(1, CIMA);
  lcd.createChar(2, DIREITA);
  lcd.createChar(3, BAIXO);
  lcd.createChar(4, ESQUERDA);
  printClearLCD(2, "          ETEC          ", " IRMA AGOSTINA ");

  delay(3000); //ESPERA 3 SEGUNDOS

  printClearLCD(2, "  FLUORIMETRO  ", "          2021          ");

  delay(3000);

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Calibrar Press ");
  lcd.setCursor(15, 0);
  lcd.write(byte(2));
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Analisar Press ");
  lcd.setCursor(15, 1);
  lcd.write(byte(4));
}

void loop() {

  Serial.println(analogRead(A0));

  lcd.setCursor(0, 0);
  if ((analogRead(0)) < 80) { //SE A LEITURA DO PINO FOR MENOR QUE 80, BOTÃO
RIGHT
  printClearLCD(1, "  CALIBRACAO  ", "");

  delay(3000);

  printClearLCD(1, "Posicione Cubeta", "");

  delay(2000);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Pressione");
  lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.write(byte(1));
}

  if ((analogRead(0)) > 80 && (analogRead(0)) < 200 ) { //SE A LEITURA DO PINO
ESTIVER ENTRE 80 E 200, BOTÃO UP
  printClearLCD(1, "  Lendo Padrao  ", "");
  analisar(numAnalises, numRepet); //INICIAR A FUNÇÃO DE ANÁLISE
}

  if ((analogRead(0)) > 400 && (analogRead(0)) < 600) { //SE A LEITURA DO PINO
ESTIVER ENTRE 400 E 600, BOTÃO LEFT
  printClearLCD(1, "  ANALISE  ", "");

  delay(3000);

  printClearLCD(1, "Posicione Cubeta", "");

  delay(2000);
}

```

```

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Pressione");
    lcd.setCursor(10, 1);
    lcd.write(byte(3));
}

if ((analogRead(0)) > 200 && (analogRead(0)) < 400) { //SE A LEITURA DO PINO
ESTIVER ENTRE 200 E 400, BOTÃO DOWN
    printClearLCD(1, " Lendo Amostra ", "");
    analisar(numAnalises, numRepet); //INICIAR A FUNÇÃO DE ANÁLISE
}

if ((analogRead(0)) > 600 && (analogRead(0)) < 800) { //SE A LEITURA DO PINO
ESTIVER ENTRE 600 E 800, BOTÃO SELECT
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Calibrar Press");
    lcd.setCursor(15, 0);
    lcd.write(byte(2));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Analisar Press");
    lcd.setCursor(15, 1);
    lcd.write(byte(4));
}
}
// Funções:

int analisar(int nA, int nR) {

    // Reconhecimento de ordem de análise:
    for (int i = 1; i <= nA; i++) {
        soma = 0;
        digitalWrite(LED, HIGH); //Liga o LED
        delay(3000);
        Serial.println((String)i + "ª Leitura:");
        Serial.println("");
        valoresArr[0] = i;

        // Entrada de valores e conversão:
        for (int j = 1; j <= nR; j++) {
            valorLDR = analogRead(LDR);
            leituraLDR = map(valorLDR, 0, 1024, valorMIN, valorMAX);

            // Valores do Arduino armazenados em Array para posterior utilização:
            valoresArr[j] = leituraLDR;

            // Soma de valores para Média:
            soma = (soma + leituraLDR);

            // Resposta:
            Serial.println((String)j + "ª Emissão = " + (String)leituraLDR);

            loading = loading + "#";

            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print(" [" + loading);
            lcd.setCursor(13, 1);
            lcd.print("] ");

            delay(1000);

            // Finalização e Cálculo de média:
            if (j == nR) {
                k = 0;
            }
        }
    }
}

```

```

media = soma / nR;

// Mostragem de valores no Monitor Serial:
Serial.println("Média: " + (String)media + "\n");

loading = "";

// Mostragem de valores no LCD:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Valor da Leitura");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("(i=10): " + (String)media);

// Desliga o LED
digitalWrite(LED, LOW);

delay(5000);

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("(i=10): " + (String)media);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Pressione Select");
    }
  }
}

void printClearLCD(int qL, String txtL1, String txtL2) {
  if (qL == 1) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(txtL1);

  } else {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(txtL1);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(txtL2);
  }
}

```