

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM COLORÍMETRO COM LED BICOLOR

Frederico Meira Dantas da Silva<sup>1</sup>, Heitor Silvério Lopes<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Didático de Engenharia Biomédica / CPGEI, CEFET -PR

<sup>2</sup> Departamento de Eletrônica, CEFET -PR

Av. 7 de setembro, 3165 - CEP 80.230-901 - Curitiba (PR)

**Resumo** - Diversos aparelhos são empregados para a medição de absorção seletiva de radiação em soluções contendo substâncias dissolvidas. Tais instrumentos são conhecidos como colorímetros, absorciômetros ou espectrofotômetros. Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório Didático de Engenharia Biomédica e descreve a implementação de um colorímetro de baixo custo para o verde e vermelho. Como fonte de radiação (luz visível) foi empregado um LED (*Light Emitting Diode*) bicolor que apresenta duas junções emisoras de luz num único encapsulamento e, na parte de detecção, um fotodiodo de silício. Nos ensaios foram efetuadas medições para verificar se o sistema responde de acordo com o previsto pela lei de Beer-Lambert.

**Abstract** - Several instruments can be used to measure the absorption of radiation in solutions with some kind of species dissolved. Such instruments are known as colorimeters, absorptimeters and spectrophotometers. This work presents the development of a low cost colorimeter for the green and red bands of visible spectrum. As the source of radiation it was used a LED with two light emitting junctions in the same bulk and, for detection, a system with a silicon photodiode. Measurements are made to verify if the proposed system respond as expected to the Beer-Lambert law.

(palavras-chave: colorímetros, absorciômetros, espectrofotômetros)

## 1. Introdução

Se um feixe de luz branca passar através de uma cubeta de vidro cheia com um líquido, a radiação emergente será menos intensa que a incidente. A diminuição da intensidade pode ser aproximadamente igual em todo o intervalo de comprimento de onda ou pode apresentar diferente amplitude para diferentes cores. Essa perda é devido em parte a reflexões nas superfícies e em parte à dispersão por qualquer partícula em suspensão, mas, acima de tudo, é devido à absorção da energia radiante pelo líquido<sup>1</sup>.

A amplitude com que a energia é absorvida pelo líquido é, em geral, maior para algumas cores, que constituem a luz branca, que para outras, com o resultado de que o feixe emergente é colorido. A cor aparente da solução é sempre o complemento da cor absorvida. Assim, uma solução que absorve na região do azul (de 465 a 480 nm) parecerá amarela, a que absorve no verde, cor de púrpura, etc<sup>1</sup>.

## 2. Fundamentação

O tratamento quantitativo da absorção de energia radiante pela matéria depende do princípio geral conhecido como lei de Beer-Lambert. Considere-se um recipiente transparente com faces planas e paralelas atravessadas por uma radiação monocromática. As perdas por reflexão nas superfícies e absorção pela substância do próprio recipiente serão negligenciadas. Suponhamos que o recipiente seja preenchido com um líquido absorvente (tanto sozinho como dissolvido em um solvente não absorvente). A potência da radiação incidente será cada vez menor à medida que atravessar o líquido e quanto maior for a concentração do material absorvente. Em linhas gerais, o feixe da radiação diminui sua potência proporcionalmente ao número de moléculas absorventes (no caso de substância molecular, íons se for ionizada, etc) encontradas no caminho do feixe. O enunciado quantitativo dessa relação é a lei de Beer-Lambert: incrementos sucessivos no número de moléculas de igual poder de absorção situadas no percurso de um feixe de radiação monocromática, absorvem iguais frações da energia radiante que os atravessa<sup>1,2</sup>. Em termos de cálculo pode-se escrever:

$$\log \frac{P_0}{P} = abc \quad (1)$$

onde  $P$  e  $P_0$  são, respectivamente, a potência final e potência inicial do feixe de radiação,  $c$  a concentração da amostra e  $b$  o comprimento de percurso do feixe luminoso.

O valor do  $\log P_o/P$  é chamado absorvância ( $A$ ), sendo a representação mais simples da lei de Beer-Lambert dada por:

$$A = abc \quad (2)$$

A constante  $a$  das equações 1 e 2 é chamada absorvidade e é uma propriedade da substância (propriedade intensiva), enquanto que a absorvância é uma propriedade de uma determinada amostra (propriedade extensiva) e variará, portanto, com a concentração  $c$  e espessura do recipiente  $b$ .

A lei de Beer-Lambert indica que a absorvidade é uma constante independente da concentração, comprimentos do percurso e intensidade da radiação incidente. A lei não faz nenhuma referência ao efeito da temperatura, comprimento de onda ou natureza do solvente. Na prática, encontrou-se que a temperatura provoca apenas efeitos secundários, pois a concentração da solução pode alterar com a variação do volume.

A porcentagem de transmitância definida por  $T = 100.P/P_o$ , é uma quantidade conveniente se a radiação transmitida for de maior interesse que a natureza química do material absorvente.

### 3. Metodologia

Os instrumentos para a medição da absorção seletiva da radiação por soluções, em geral, apresentam certas características ou componentes em comum. Alguns dos instrumentos mais simples podem omitir um ou mais itens, e a seqüência na qual a radiação passa de um item para outro não é sempre a mesma. Basicamente, são compostos por uma fonte de radiação (lâmpadas incandescentes e de arco, *leds*), um controle de intensidade luminosa (diafragma, fenda variável, circuitos para controle de potência), sistema para seleção do comprimento de onda (filtros ópticos, prismas e grades de difração), recipiente de amostra (para colocação da cubeta com a solução a ser analisada) e por fim um sistema de detecção óptica (empregando chapa fotográfica, válvula fotomultiplicadora, fotodiodos, termopilha, olho humano)<sup>1</sup>.

No projeto desenvolvido optou-se pela utilização do *LED* bicolor como fonte de radiação por ser um componente de fácil obtenção no mercado e de baixo custo. Como vantagem do seu emprego podemos citar a não necessidade de utilização de filtros ópticos, visto que o mesmo emite em regiões relativamente estreitas do espectro visível (ao contrário de lâmpadas incandescentes e de arco) além de não exigir circuitos complexos para o controle de potência.

A radiação emitida pelo *LED* foi acoplada a uma fibra óptica e levada ao suporte onde se encontra o tubo de ensaio com a amostra a ser analisada. Um sistema de detecção também foi implementado empregando-se um fotodiodo de silício (BPW21 da RS International) como transdutor óptico, um amplificador na configuração de transimpedância e um amplificador diferencial (este último necessário devido à pequena amplitude do sinal de saída do primeiro estágio de amplificação)<sup>3,4</sup>. Na Figura 1 é ilustrada a montagem do colorímetro.

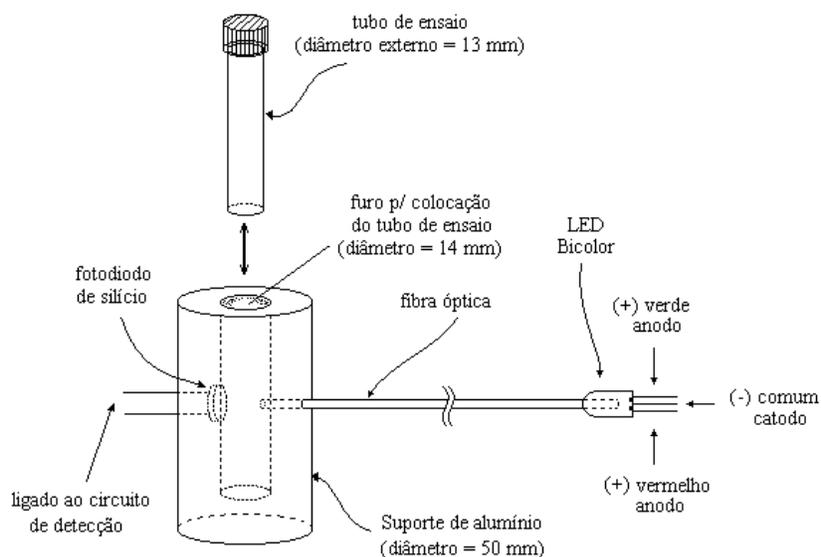


Figura 1. Ilustração do colorímetro implementado.

Para levar a radiação emitida pelo *LED* até o recipiente onde fica alojado o tubo de ensaio (contendo a amostra) foi empregado uma fibra óptica ( $\phi = 1.5$  mm). Para a fixação da fibra ao *LED* efetuou-se um furo (preenchido com um gel para diminuir as perdas na conexão óptica) até próximo à junção emissora e, posteriormente, efetuou-se a colagem do conjunto com uma resina para evitar a movimentação entre fibra e *LED*. Esse procedimento permitiu um maior aproveitamento da radiação emitida na junção do *LED*.

Na figura 2 são mostradas as curvas de emissão espectral normalizada do *LED* empregado, levantadas com espectrofotômetro modelo SD1000 da Ocean Optics, disponível no Laboratório de Óptica Biomédica.

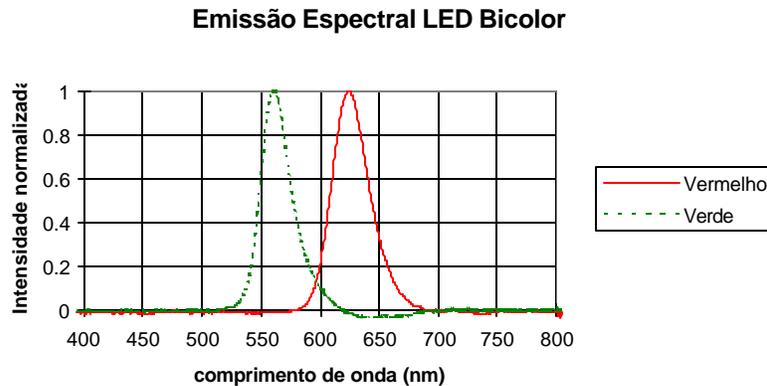


Figura 2. Emissão espectral normalizada do *LED*

Alguns dados importantes retirados da Figura 2 são listados abaixo:

- Comprimento de onda central de emissão no verde:  $\lambda_g = 560$  nm
- Banda de emissão medida à 50% do nível máximo:  $BW_g = 28.8$  nm
- Comprimento de onda central de emissão no vermelho:  $\lambda_r = 624$  nm
- Banda de emissão medida à 50% do nível máximo:  $BW_r = 35.8$  nm

#### 4. Resultados

Para a realização deste ensaio decidiu-se por preparar soluções (em concentrações conhecidas) de *Bromocresol Green* (BCG). Trata-se de um indicador de pH (disponível no laboratório), com coloração verde (quando em solução tampão de pH=4,1), apresentando boa solubilidade nas concentrações preparadas. A Tabela 1 indica a concentração das amostras utilizadas.

Amostra no.	Concentração BCG (mg/dl)	Transmitância (%)		Absorbância	
		$\lambda = 560$ nm verde	$\lambda = 624$ nm vermelho	$\lambda = 560$ nm verde	$\lambda = 624$ nm vermelho
1	10.0	14.39	22.12	0.84	0.66
2	7.5	24.07	30.76	0.62	0.51
3	5.0	38.53	43.88	0.41	0.36
4	2.5	62.53	65.34	0.20	0.18

Tabela 1 - Concentração, transmitância percentual e absorbância das amostras de BCG.

De posse da T%, pode-se, manipulando a equação (1), calcular a absorbância (A) de cada amostra (e para cada cor) através de:

$$A = 2 - \log(T\%) \quad (3)$$

Voltando à equação 2 percebe-se que, para o sistema obedecer a Lei de Beer-Lambert a resposta Absorbância x Concentração deve ser a mais linear possível. Os resultados obtidos (média entre quatro séries de medições de transmitâncias) para o colorímetro implementado são mostrados na Tabela 1, cujos valores de absorbância foram calculados a partir da equação 3.

Na Figura 3 é mostrada a relação absorbância x concentração de BCG obtida com os dados ajustados pelo método dos mínimos quadrados.

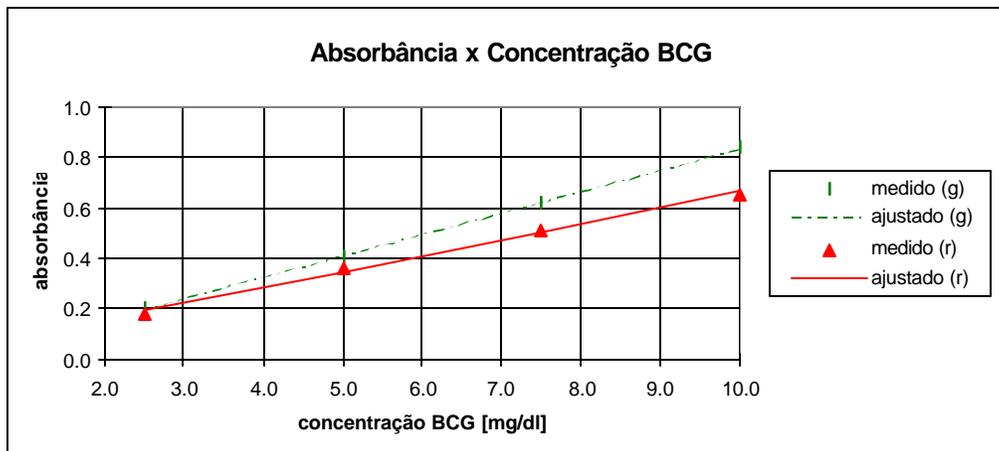


Figura 3 - Resposta Absorbância x Concentração BCG obtida com o colorímetro implementado.

O Coeficiente de Correlação (de Pearson)  $r$ , foi calculado obtendo-se os valores 0,9998 para o verde e 0,9991 para o vermelho. Portanto, há uma indicação muito forte da existência de uma relação linear entre a absorbância e as amostras de BCG no intervalo de concentração analisado.

## 5. Conclusões

O sistema implementado é de fácil ajuste e manuseio, apresentando uma resposta muito satisfatória quando levamos em conta o baixo custo dos componentes empregados (todos obtidos no mercado nacional).

Este trabalho foi realizado durante a disciplina de Laboratório de Engenharia Biomédica e é descrita por Derenzo<sup>2</sup>, com algumas modificações na fonte óptica (*LED* bicolor ao invés de *LED* comum) e nos circuitos de disparo (*LED*) e de detecção (fotodiodo e amplificadores).

Como proposta futura sugere-se o desenvolvimento deste colorímetro junto ao *software* LabView que, através de placa de conversão AD/DA, permitirá o controle de disparo da fonte óptica (*LED*) e uma melhor visualização dos dados obtidos (transmitância, absorbância e outros relacionados à área de análise química).

## 6. Referências Bibliográficas

- 1 EWING, GW. **Métodos Instrumentais de Análise Química**. São Paulo: Ed. Blucher, 1972.
- 2 DERENZO, SE. **Interfacing: a laboratory approach using the microcomputer for instrumentation, data analysis, and control**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1990.
- 3 STOUT, DF.; KAUFMAN, M. **Handbook of Operational Amplifier Circuit Design** 1st edition. New York: McGraw-Hill, 1976.
- 4 UDT SENSORS, INC. **Optoelectronic Components Catalog**. Hawthorne, CA: 1997.